

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(СПбГУ)

Институт наук о Земле  
Кафедра экологической геологии

**Гузов Владислав Евгеньевич**

**Эколого-геохимическая оценка состояния района озера Лошамье (национальный  
парк «Смоленское Поозерье»)**

Выпускная квалификационная работа бакалавра

по направлению 022000 «Экология»

«К ЗАЩИТЕ»

Научный руководитель:  
канд.геол.-мин.наук  
доц. Зеленковский П.С

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2017

Заведующий кафедрой:  
д.-г.-м.н., проф. В.В.Куриленко

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2017

Санкт-Петербург  
2017

## Оглавление

Введение .....	3
1. Литературный обзор .....	5
1.1 Общее положение об особо охраняемых природных территориях. ....	5
1.2 Функциональные зоны национального парка «Смоленское Поозерье». ....	6
1.3 Актуальность проведения эколого-геохимического мониторинга. ....	8
1.4 Мониторинг почв загрязненных тяжелыми металлами и металлоидами. ....	9
1.5 Использование донных отложений при оценке состояния водных объектов. ....	13
2. Характеристика объекта исследования .....	15
2.1 Физико-географическая характеристика и современное экологическое состояние Национального Парка .....	15
2.2 Геологическое строение .....	22
2.3 Гидрогеологические условия .....	27
2.4 Тектоника .....	29
2.5 Полезные ископаемые .....	30
3. Методика исследований .....	32
3.1. Методика отбора проб .....	34
3.2 Лабораторный анализ проб .....	35
3.3 Гранулометрический анализ .....	35
3.4 Рентгено-флуоресцентная спектрометрия .....	36
3.5 Ртутный аналитический комплекс РА-915+. ....	37
3.6 Статистические методы анализа полученных данных .....	38
4. Результаты исследований .....	39
Заключение .....	49
Список литературы .....	52

## Введение

Национальный парк «Смоленское Поозерье» образован на территории Демидовского и Духовщинского районов Смоленской области в 1992 году «для сохранения природных комплексов в рекреационных, просветительских, научных и культурных целях». Парк находится далеко в стороне от крупных промышленных центров, ограничена сельскохозяйственная, транспортная и строительная структура. На данной территории расположено 35 больших и малых ледниковых озер, каждое из них по-своему прекрасно и неповторимо.

С 2014 года сотрудниками и студентами кафедры экологической геологии Санкт-Петербургского государственного университета совместно с администрацией национального парка «Смоленское Поозерье» проводятся работы по эколого-геохимической оценке территории парка. За 3 года было изучено несколько наиболее крупных озер (Сапшо, Лошамье, Баклановское, Рытое, Мутное, Чистик, Городище, Гнилое, Дго и др.) и прилегающие к ним территории.

Объектом моего исследования является территория в районе оз. Лошамье. По результатам мониторинга прошлых лет, проводимого администрацией национального парка совместно с аттестованными лабораториями г. Смоленска на оз. Лошамье было установлено превышение концентрации ртути над ПДК в 20 раз в 2008 году (для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования), затем концентрация снизилась (превышение в 7 раз в 2009, с 2010 – ниже ПДК). Очевидно, что подобная динамика свидетельствует о разовом загрязнении объекта. Это явление оказывается весьма необычным для потенциально чистой зоны, находящейся на строго заповедной территории. Повышенная концентрация ртути в поверхностной воде исследуемой территории не могут быть связаны с ее поступлением из природных источников, так как Смоленская область по своему геологическому строению не относится ни к зоне рудопроявления данного элемента, ни к зоне вулканической активности.

Для выявления источника загрязнения с 2014 года сотрудниками и студентами кафедры экологической геологии Санкт-Петербургского государственного университета совместно с администрацией национального парка «Смоленское Поозерье» было решено проводить полный анализ природных компонентов (почв и донных отложений) в акватории и водосборной площади озера. Задача исследования заключается в изучении особенности распределения ртути в донных отложениях и в почве, а также установлении возможных источников поступления ртути в водоем.

Целью данной работы является комплексная эколого-геохимическая оценка территории вблизи озера Лошамье национального парка «Смоленское Поозерье». Одним из главных аспектов эколого-геохимического исследования озера Лошамье является выявление загрязняющих веществ в почве и донных отложений озера, в т.ч. такого тяжелого металла как ртуть.

Для осуществления поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Осуществить полевой сбор донных отложений и почв, а также выполнить полевые описания почвенных разрезов и шурфов.
2. Выполнить анализ отобранных проб почв и донных осадков с территории оз. Лошамье, при помощи рентгено-флуоресцентной спектрометрии и ртутного аналитического комплекса РА-915+ на валовое содержание тяжелых металлов (Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As, Cd, Hg).
3. Провести статистическую обработку всех полученных данных за 2014-2016 года, рассчитать фоновые концентрации исследуемых тяжелых металлов для почв и донных осадков.
4. Оценить закономерности площадного распределения тяжелых металлов и металлоидов в почвах и донных осадках исследуемой территории, а также оценить соотношение их концентраций в данных природных средах.
5. Сделать выводы о состоянии анализируемых компонентов окружающей среды, а также, при необходимости, дать некоторые рекомендации по мониторингу, сохранению природной среды и развитию национального парка «Смоленское Поозерье».

# **1. Литературный обзор**

## **1.1 Общее положение об особо охраняемых природных территориях.**

Федеральный закон Российской Федерации «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 определяет ООПТ следующим образом:

«Особо охраняемые природные территории - участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны».

По данным информационно-справочной системы ООПТ России, на 2017 год на территории РФ существуют 109 заповедника и 51 национальный парк.

С учетом особенностей режима ООПТ и статуса находящихся на них природоохранных учреждений различаются следующие категории указанных территорий:

1. Государственные природные заповедники (в том числе биосферные)
2. Национальные парки
3. Природные парки
4. Государственные природные заказники
5. Памятники природы
6. Дендрологические парки и ботанические сады

Объект моего исследования национальный парк. Он является природоохранным, эколого-просветительским и научно-исследовательским учреждением, территория (акватория) которого включает в себя природные комплексы и объекты, имеющие особую экологическую, историческую и эстетическую ценность, и предназначен для использования в природоохранных, просветительских, научных и культурных целях.

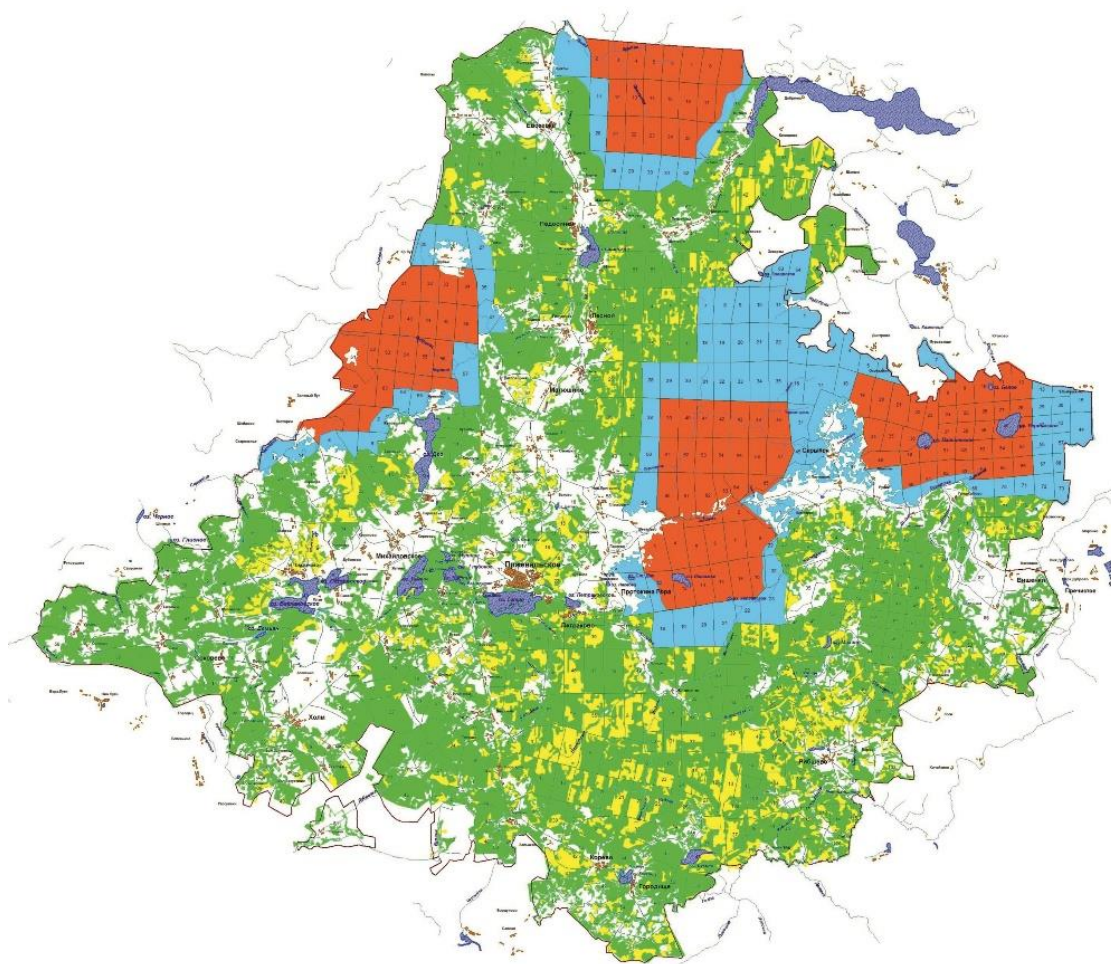
На территориях национальных парков запрещается любая деятельность, которая может нанести ущерб природным комплексам и объектам растительного и животного мира, культурно-историческим объектам и которая противоречит целям и задачам национального парка.

На национальные парки возлагаются следующие основные задачи:

- а) сохранение природных комплексов, уникальных и эталонных природных участков и объектов;
- б) сохранение историко-культурных объектов;
- в) экологическое просвещение населения;
- г) создание условий для регулируемого туризма и отдыха;
- д) разработка и внедрение научных методов охраны природы и экологического просвещения;
- е) осуществление государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды). Экологический мониторинг в национальном парке проводится с целью изучения закономерностей изменчивости природных и антропогенных процессов, оценки и прогноза экологической обстановки, разработка научных основ охраны природы, сохранения ландшафтного и биологического разнообразия, воспроизводства и рационального использования природных ресурсов и предотвращения ущерба природным комплексам и объектам ООПТ.
- ж) восстановление нарушенных природных и историко-культурных комплексов и объектов.

## **1.2 Функциональные зоны национального парка «Смоленское Поозерье».**

На основании природных и историко-культурных особенностей в пределах парка, согласно ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях», осуществляется зонирование территории с выделением 5 зон (рис.1)



**Рис.1** Карта-схема функционального зонирования территории национального парка «Смоленское Поозерье» (красный цвет - заповедная зона; синий - особо охраняемая; зелёный – рекреационная зона; жёлтый - зона хозяйственного назначения; белый - зона традиционного экстенсивного природопользования)

- 1) Заповедная зона, в пределах которой исключается любая хозяйственная деятельность, такая зона создана для сохранения экосистем в естественном виде;
- 2) Особо охраняемая зона также предназначена для сохранения природной среды, но в границах сегмента допускается экскурсионная деятельность;
- 3) Рекреационная зона предназначена для развития познавательного туризма, физической культуры и размещения музейной информационно-технической инфраструктуры;
- 4) Зона хозяйственного назначения направлена на обеспечение функционирования дирекции национального парка и жизнедеятельности граждан, проживающих на его территории;

5) Зона традиционного экстенсивного природопользования предназначена для обеспечения жизнедеятельности коренных малочисленных народов РФ, в её границах разрешается осуществление традиционной хозяйственной деятельности и связанных с ней видов неистощительного природопользования. (URL: <http://www.poozerie.ru>).

### **1.3 Актуальность проведения эколого-геохимического мониторинга.**

Определение понятия экологического мониторинга дано в Программе ЮНЕСКО МАБ (Man and Biosphere) «Человек и Биосфера» (1968г.): «Мониторинг рассматривается как система регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, дающих информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза изменения в будущем параметров окружающей среды, имеющих значение для человека» (Израэль, 1984).

Цель экологического мониторинга выявить антропогенные изменения в состоянии окружающей среды, предупредить о ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов.

Принципиальные возможности использования геохимических методов для изучения и картографирования загрязнения окружающей среды основаны на устойчивых корреляционных связях между источниками загрязнения, миграцией химических элементов в транспортирующих (жизнеобеспечивающих) средах (вода, атмосферный воздух) и их концентрациями в компонентах природной среды, временно депонирующих поллютанты (почвы, снеговой покров, донные отложения, растения). По степени их загрязнения относительно фоновых аналогов или каких-либо нормативов определяется качество окружающей среды.

При эколого-геохимическом мониторинге окружающей среды возможен анализ химических веществ в различных природных средах. Одни природные среды являются динамичными и моментально реагируют на выбросы загрязняющих веществ (воздух, вода). Методики исследования таких компонентов обычно используют для отслеживания моментальных выбросов загрязняющих веществ от крупных объектов промышленности, которые служат источниками серьезного антропогенного воздействия.

Другие методики направлены на изучение более стабильных природных сред (почва, донные отложения), анализ которых позволяет оценить изменения наземных и водных экосистем, накопленные на протяжении долгого промежутка времени. Такой



способ оценки природных компонентов применим на исследуемой территории озера Лошамье национального парка «Смоленское Поозерье».

## 1.4 Мониторинг почв загрязненных тяжелыми металлами и металлоидами.

Почва служит начальным звеном в биологической цепи **почва – растения – человек** и от содержания в ней того или иного элемента, поведения его в данной среде будет зависеть его концентрация в последующих звеньях. Из большого числа разнообразных химических веществ, поступающих в окружающую среду из антропогенных источников, особое место занимают тяжелые металлы. Их опасность заключается в высокой токсичности для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомagnификации. (Водяницкий, 2012)

Однозначного определения тяжелых металлов нет. В группу природных тяжелых металлов и металлоидов войдут все элементы, начиная с ванадия, с атомным номером (Z), равным 23, т.е. все элементы периодической таблицы вплоть до урана, исключая галогены, образующие 17-ю группу, и благородные газы, образующие 18-ю группу, и не относящиеся к классу тяжелых металлов и металлоидов, а также металлы, не содержащие стабильных изотопов. Из актинидов остаются только торий и уран. Всего к группе тяжелых металлов и металлоидов относится 57 элементов (рис.2). (Водяницкий, 2012)

ТМ														ТМД					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
4				23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34				
				V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se				
5				37	38	39	40	41	42		44	45	46	47	48	49	50	51	52
				Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo		Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te
СТМ																			
6																			
																55	56	57	72
																Cs	Ba	La	Hf

**Рис.2** Фрагменты длиннопериодной формы периодической системы элементов Д.И. Менделеева, включающие тяжелые металлы (ТМ), тяжелые металлоиды (ТМД) и сверхтяжелые металлы (СТМ); Л – лантаниды; А – актиниды. Исключены Тс, Ро, Fr, Ra, Ac, Pa – элементы без стабильных изотопов. (Водяницкий, 2012)

Контроль содержаний тяжелых металлов в почвах является одной из задач комплексного мониторинга условий природной среды. Тяжелые металлы и металлоиды изучают в двух качествах: их валовое содержание в почве и состав различных форм соединений. (Водяницкий, 2012)

Валовое содержание тяжелых металлов до настоящего времени остается одним из основных показателей химического состава почв, а также является отправной точкой для определения степени ее загрязнения, как для сравнения с фоновыми уровнями содержания элементов или ПДК, так и для определения доли каких-либо форм соединений металлов. (Водяницкий, 2012)

Значения валового содержания элементов в почве наиболее продуктивно используется в геохимии и техногеохимии. Оно дает представление о величине кларков (глобальных и региональных). Со своей стороны, понятие кларка позволяет оценивать мощность природной или техногенной аномалии как положительной (при превышении кларка), так и отрицательной (при уровне ниже кларкового). По величине валового содержания оценивают контрастность и емкость геохимических барьеров, определяют величину различных геохимических модулей и т.д.

Определение фоновых содержаний элементов и соединений является важнейшей эколого-геохимической задачей, предваряющей любые эколого-геологические исследования и является основой для мониторинга. Для получения фоновых значений содержания химических веществ в почвах удаленных от источника загрязнения в биосферных заповедниках, ведут фоновый мониторинг. Это необходимо для исследования современного антропогенного влияния на биосферу (Ландшафтно-геохимические..., 1989).

В России оценка опасности тяжелых металлов/металлоидов едина для всех трех сред (воздуха, воды, почв) независимо от их особенностей (ГОСТ 17.41.02-83). Выделяют 3 класса опасности (табл.1).

Класс опасности тяжёлых металлов и металлоидов (Водяницкий, 2012)

Класс опасности	Химические элементы
1	As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, Cr
2	Co, Ni, Mo, Cu, Sb
3	Ba, V, W, Mn, Sr

Методы мониторинга тяжелых металлов можно разделить на физические и химические (рис.3).



**Рис.3** Подходы к изучению тяжелых металлов в почвах. (Водяницкий, 2012)

С экологической точки зрения важно оценивать не только то, как много почва удерживает загрязняющих веществ, но и как прочно она их удерживает. Прочная фиксация поллютантов обеспечивает выполнение почвой ее защитной функции в отношении и вод, и воздуха, и растений. Непрочное удерживание загрязняющих веществ почвенными компонентами может вести к созданию опасной экотоксикологической обстановки. Если при мониторинге вод и воздуха эффективны показатели общего содержания загрязняющих веществ в их составе, то при почвенном мониторинге необходимо оценивать как общее содержание этих веществ, так и содержание их подвижных (водно-миграционных и воздушно-миграционных) соединений.

Одним из главных аспектов эколого-геохимического исследования заповедного озера и акватории Лошамье – это выявление загрязняющих веществ в почве и донных отложений озера, в т.ч. такого тяжелого металла как ртуть.

Ртуть принадлежит к числу весьма редких элементов, ее среднее содержание в земной коре (кларк) близко к  $4,5 \cdot 10^{-6}\%$  по массе. Приблизительно в таких количествах она содержится в изверженных горных породах. Важную роль в геохимии Ртуты играет ее миграция в газообразном состоянии и в водных растворах. В земной коре Ртуть преимущественно рассеяна; осаждается из горячих подземных вод, образуя ртутные руды. (Мельников С. М., 1965).

Масса ртути, сосредоточенная в поверхностном слое земной коры мощностью в 1 км, составляет 100 000 000 000 т (сто миллиардов тонн), из которых в ее собственных месторождениях находится только 0,02%. Оставшаяся часть ртути существует в состоянии крайнего рассеяния, по преимуществу в горных породах (в водах Мирового океана рассеяно 41,1 млн т ртути, что определяет невысокую среднюю концентрацию ртути — 0,03 мкг/л). Именно эта рассеянная ртуть создает природный геохимический фон, на который накладывается ртутное загрязнение, обусловленное деятельностью человека и приводящее к формированию в окружающей среде зон техногенного загрязнения (Мельников С. М., 1965).

Повышенная концентрация ртути в поверхностной воде исследуемой территории не могут быть связаны с ее поступлением из природных источников, так как Смоленская область по своему геологическому строению не относится ни к зоне рудопроявления данного элемента, ни к зоне вулканической активности.

Среди техногенных источников загрязнения ртутью окружающей среды, одними из важнейших являются деятельность предприятий, нарушение правил работы с ртутьсодержащими приборами, правил их хранения и утилизации при широкой распространенности ртутьсодержащих изделий в производстве и в быту, целенаправленные проливы ртути являются причинами ртутного загрязнения окружающей среды.

Для Российской Федерации проблема ртутного загрязнения имеет особое значение. Несмотря на снижение объемов использования ртути в промышленности, в стране накоплены огромные количества ртутьсодержащих отходов, в обращении находится большое количество ртутных приборов, изделий и устройств.

Территориально озеро Лошамье, находится далеко в стороне от крупных промышленных центров, ограничена сельскохозяйственная, транспортная и строительная структура. Поэтому у нас отсутствуют данные, о возможном техногенном загрязнении озера.

Ртуть не является физиологически необходимым элементом и растения не могут страдать от ее недостатка. Поступая в растения, ртуть преимущественно накапливается

в корнях, где ее концентрация достигает 95% всего количества элемента. Токсичность ртути в основном связана с воздействием на ряд ферментов: элемент подавляет активность ферментов фосфатазы, каталазы, оксидазы, рибонуклеазы. Результатом является ограничение роста, общее угнетение растения.

Ртуть (в дозах, превышающих физиологическую потребность) токсична для всех форм жизни, причем практически в любом своем состоянии. С точки зрения патологии человека, ртуть отличается чрезвычайно широким спектром и большим разнообразием проявлений токсического действия в зависимости от свойств веществ, в виде которых она поступает в организм (пары металлической ртути, неорганические или органические соединения), путей поступления и дозы. Ртуть принадлежит к числу тиоловых ядов, блокирующих сульфгидрильные группы белковых соединений и этим нарушающих белковый обмен и ферментативную деятельность организма. Она поражает нервную и выделительную системы.

### **1.5 Использование донных отложений при оценке состояния водных объектов.**

При анализе эколого-геохимической обстановки одним из наиболее информативных объектов исследований являются донные отложения.

Согласно ГОСТ 17.1.5.01-80, «донные отложения – это донные наносы и твердые частицы, образовавшиеся и осевшие на дно водного объекта в результате внутри водоемных физико-химических и биохимических процессов, происходящих с веществами как естественного, так и техногенного происхождения».

Аккумулируя загрязнители, поступающие с водосборов в течение длительного промежутка времени, донные осадки являются индикатором экологического состояния территории, своеобразным интегральным показателем уровня загрязненности. В особенности это верно для Национального Парка «Смоленское Поозерье», которое представляет собой практически единую ландшафтно-геохимическую систему, все звенья которой связаны потоками вещества (Глазовская, 1988). Единство гидрографической сети Смоленской области является исключительно важным физико-географическим фактором. Дренажная сеть, представленная водотоками разного порядка, играет роль гидрологического «скелета», системообразующего костяка всей изучаемой территории (Природа..., 1987).

Формирование химического состава поверхностных вод и, следовательно, донных отложений рек и озер во многом происходит при взаимодействии талых вод и дождевых осадков с грунтами.

Согласно учению В.И. Вернадского о биосфере (Вернадский, 1965), донные отложения можно охарактеризовать как биокосное вещество, образующееся в условиях динамического равновесия живой материи и абиогенных компонентов. И на основе изучения донных отложений (именно в природоохранном аспекте) как нельзя лучше можно понять масштаб той самой «геологической силы», в которую превратилось человечество в XX столетии, что неоднократно отмечал Вернадский.

Донные осадки являются важнейшей составляющей водных объектов, в значительной степени определяющей их состояние. В донных отложениях происходит аккумуляция большей части органических и неорганических, в том числе наиболее опасных и токсичных загрязняющих веществ, которые при определенных условиях (ветровое взмучивание, изменение pH, минерализации, водности, проведение дноуглубительных работ, дампинг и т.д.) могут переходить в водную толщу, вызывая ее вторичное загрязнение. Загрязненные донные отложения обычно токсичны и, являясь средой обитания многочисленных классов бентофауны, влияют на их видовой состав, бионакопление наиболее опасных веществ, нарушение цепи биоценоза.

Процесс накопления и токсическое действие загрязняющих веществ в донных отложениях зависят от многих факторов: их природы и физико-химических свойств, типа донных отложений, температурного режима, окислительно-восстановительных условий, наличия взвешенных веществ и т.д. Последним принадлежит особая роль, поскольку на них сорбируется значительная часть поступающих в водный объект загрязняющих веществ. Небольшие глубины, особенности водосбора, характер поступления сточных вод, присутствие взвешенных веществ, характерные для большинства водотоков и водоемов, способствуют седиментации сорбированных взвешенными веществами загрязняющих веществ без существенного изменения их химического состава и интенсивному накоплению на дне, где процессы биохимического окисления протекают гораздо медленнее.

Восстановительный характер донных осадков является фактором стабильного состояния содержащихся в них примесей тяжелых металлов, и на этом основании можно было сделать вывод о том, что они не могут быть источником вторичного загрязнения речной воды. Однако если учесть, что имеются признаки механической подвижности неуплотненного ила при усилении скорости течения воды, то в результате взмучивания его и перехода загрязнителей в растворимое состояние вполне реальным становится потенциальное неблагоприятное влияние ила на состав вод.

На этом основано использование донных отложений в качестве индикаторов при оценке состояния водных объектов, особенно при их хроническом загрязнении,

идентификации источников загрязнения, характеристике биогенного или антропогенного происхождения их химического состава и т.д.

## **2. Характеристика объекта исследования**

### **2.1 Физико-географическая характеристика и современное экологическое состояние Национального Парка**

Национальный парк «Смоленское Поозерье» образован на территории Демидовского и Духовщинского районов Смоленской области в 1992 году «для сохранения природных комплексов в рекреационных, просветительских, научных и культурных целях». В 1999 году «Смоленское Поозерье» получил статус ключевой орнитологической территории международного значения. В 2002 году национальный парк был включен во Всемирную сеть биосферных резерватов ЮНЕСКО. На территории национального парка планируется создание вольной популяции в соответствии со Стратегией сохранения зубра в России. (URL: <http://www.poozerie.ru>).

Парк находится далеко в стороне от крупных промышленных центров, ограничена сельскохозяйственная, транспортная и строительная структура. Названием своим «Смоленское Поозерье» обязано 35 большим и малым ледниковым озерам, расположенным на территории парка. Каждое из этих озер по-своему прекрасно и неповторимо. . (URL: <http://www.poozerie.ru>).

Общая площадь территории парка в границах, утвержденных государственными актами, составляет 146 237 га. Охранная зона составляет 500 м территории, примыкающей к границе парка. Географический центр парка расположен в районе пос. Пржевальское.

Национальный парк граничит: на севере с Тверской областью, на востоке с Пречистенским лесничеством (Духовщинский район), на юге и юго-западе с Демидовским лесничеством (Демидовский район), на западе с Велижским лесничеством (Велижский район). (рис.4)

Ранее на месте Национального парка находился Куров-Борский заказник, который создавался для сохранения уникальной территории от лесохозяйственного и рекреационного прессинга. «Смоленское Поозерье» является особо охраняемой природной территорией федерального значения. Сейчас он предлагает целый ряд туристических маршрутов в окрестностях посёлка Пржевальское, проводит культурные, а также участвует в экологическом просвещении школьников.

Деятельность парка во многом увеличивает интерес туристов к этому краю. На территории «Смоленского Поозерья» находится археологический комплекс древнерусского города Вержавск и ещё более 70 других памятников археологии.

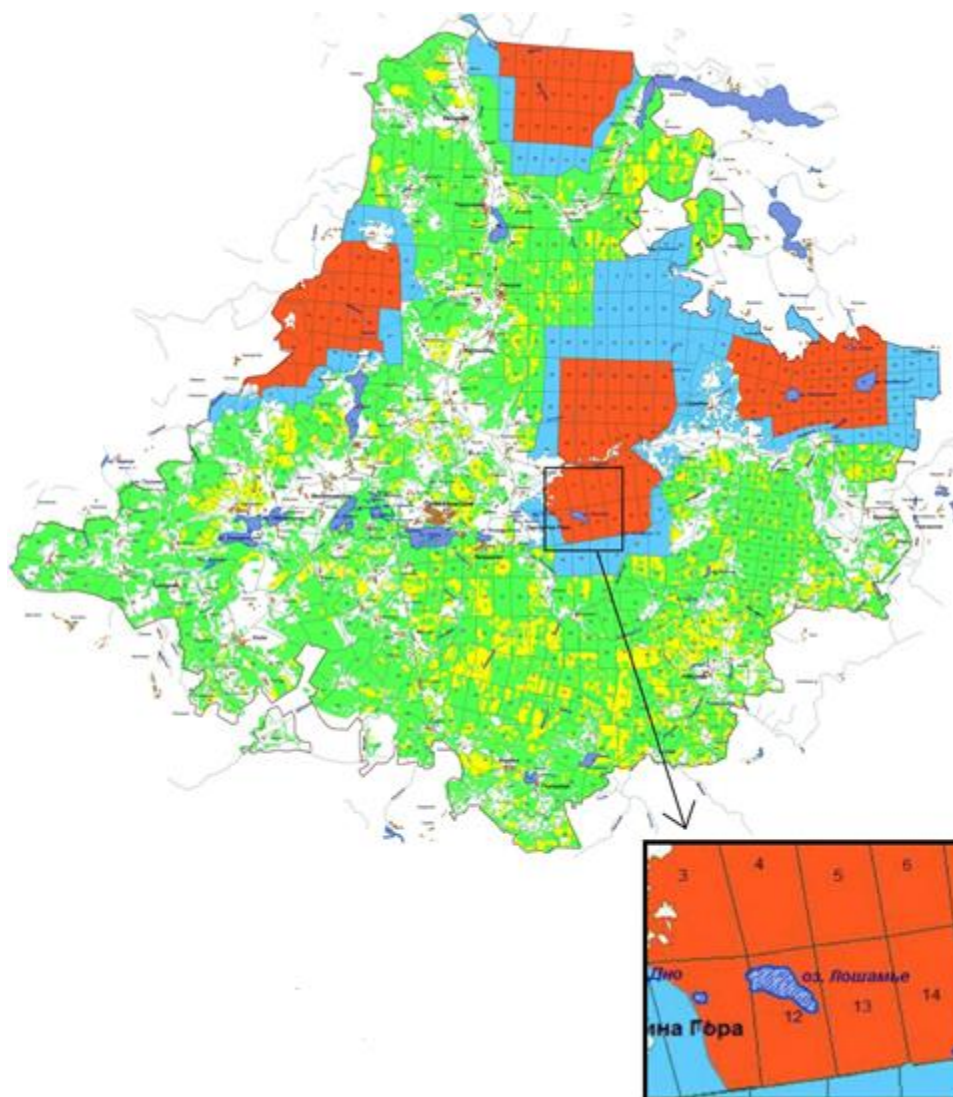


**Рис.4** Местонахождение национального парка «Смоленское Поозерье»

Исследуемая территория водосборной площади оз. Лошамье находится в Национальном парке «Смоленское Поозерье» и в соответствии с функциональным зонированием данной территории, озеро находится в зоне заповедного режима, то есть зона, в пределах которой запрещена любая хозяйственная деятельность и рекреационное использование территории. Вмешательство в природную среду в заповедной зоне полностью запрещено. В заповедной зоне могут проводиться научные наблюдения и производиться работы по тушению лесных пожаров. Посещение заповедной зоны допускается по специальному разрешению, подписанному главным государственным инспектором по охране территории национального парка. Озеро Лошамье располагается восточнее дер. Протокина Гора. (Рис.5)

Озеро пресное, имеет ледниковое происхождение. Основными источниками питания являются грунтовые воды и атмосферные осадки. В ходе рекогносцировочного маршрута озера были произведены замеры глубин. Максимальная глубина озера составила 33 м.





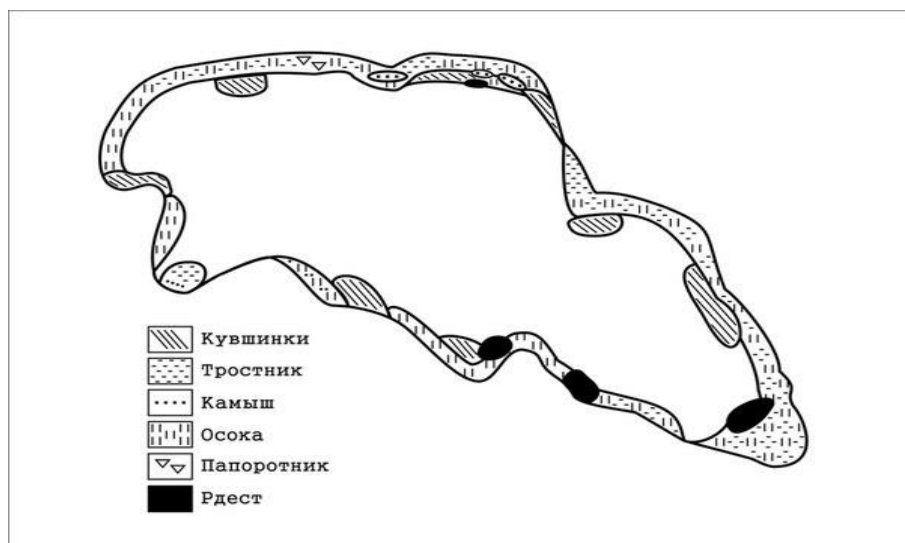
**Рис.5** Местонахождение озера Лошамье

### **2.1.1. Растительность водоема**

Озеро подвержено зарастанию путем образования мощной торфяной сляпины с юго-восточной стороны. Основную роль в этом процессе играют рогоз, камыш, тростник, осока и др. Схема прибрежной растительности представлена на рис.6.

Растительность прибрежной зоны озера Лошамье представлена болотными и лесными ценозами. Наблюдается постепенное заболачивание озера. В результате этого накапливаются гуминовые кислоты, которые препятствуют развитию сообществ макрофитов. Поэтому высшая водная растительность здесь довольно однообразна. Макрофиты развиты только в береговой части водоема. Макрофиты, обнаруженные на исследуемой территории, можно разделить на 3 группы: плавающие на поверхности

воды (кувшинка белая), полностью погружённые в воду (рдест, уруть) и частично погружённые в воду (камыш, осока)



**Рис.6** Схема прибрежной растительности озера Лошамье.

Травянистая растительность береговой зоны развита достаточно хорошо и представлена в основном небольшими сообществами осоки, камыша. По урезу воды размещены небольшие сообщества осоки.

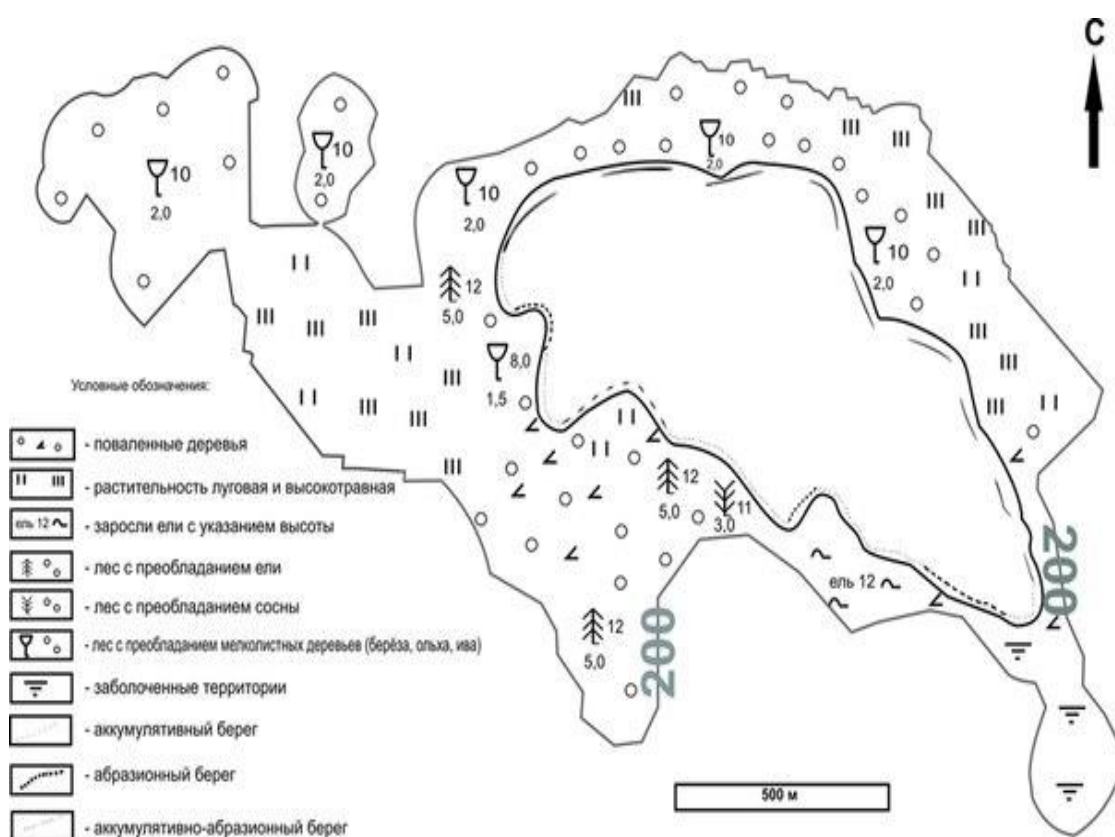
При этом растительные сообщества располагаются кольцеобразными поясами по периметру водоема, причем каждому поясу в зависимости от прозрачности воды соответствует определенная глубина. Во внешнем кольце, в периодически обсыхающем мелководье, располагаются заросли крупных осок и различного полуболотного разнотравья – камыша озерного и др. Здесь образуется осоковый или смешанно-травяной торф.

Далее, до глубины трех метров, идет пояс высоких зарослей тростника, камыша, хвоща и др. Здесь откладывается тростниковый и камышовый торф. До глубины пяти метров расположена зона погруженных растений с плавающими на поверхности воды листьями – кувшинки, кубышки, а еще глубже – рдест плавающий. Здесь образуется сапропелевый торф – темный торфяной ил с остатками корневищ и других крупных частей растений.

Далее следует пояс погруженных растений, заполняющий стеблями и листьями всю толщу воды. Это зона обитания урути и широколистных рдестов. За ними располагается пояс подводных лугов из растений, не достигающих поверхности воды, - водорослей. Наконец, последний пояс – зона обитания микроскопических бентосных водорослей. Во всех последних поясах откладывается уже настоящий сапропель.

Рельеф территории связан в основном с аккумулятивной деятельностью ледников. В её пределах проходила полоса конечно-моренных образований последнего валдайского оледенения, что представляет за собой слабоволнистые, местами бугристые зандровые равнины, камы, озовые гряды.

Северный и северо-западный и восточный берега довольно пологие. Наибольшая заболоченность наблюдается на юго-восточном берегу. Южный берег довольно высокий, поэтому зарастание здесь выражено слабее. Древесная растительность типична для таёжной зоны, леса представлены елью, сосной, а также такими лиственными деревьями как береза и ольха. В ходе рекогносцировочного маршрута было обнаружено большое количество поваленных деревьев, оставшихся, предположительно, после Второй мировой войны (рис.7).



**Рис.7** Ландшафтные условия и рельеф

### 2.1.2 Климат.

Климат Смоленской области умеренно-континентальный, характеризуется относительно теплым, влажным летом, умеренно-холодной зимой с устойчивым снежным покровом и четко выраженными переходными периодами. Смоленская область расположена в зоне достаточного увлажнения. Две трети годовой суммы осадков выпадает в виде дождя, одна треть - в виде снега.

Период с положительной среднесуточной температурой воздуха длится в среднем 213 - 243 дня. Многолетняя средняя продолжительность безморозного периода 125 -145 дней. Среднемесячная температура самого теплого месяца (июль) 17 - 18°C, самого холодного (январь) – от - 8°C до -10°C.

### **2.1.3 Рельеф.**

Основные черты рельефа большей части территории Смоленской области сложились в плейстоцене в результате ледниковой экзарации и аккумуляции, а также эрозионно-аккумулятивной деятельности талых ледниковых вод. Ледниковый рельеф частично преобразован флювиальными, эоловыми и некоторыми другими процессами. В зависимости от главных факторов рельефообразования и приуроченности к области того или иного оледенения выделяются ледниковые, флювиогляциальные, озерно-ледниковые группы, типы и формы рельефа валдайского, московского и днепровского возраста, а также плиоцен-раннеплейстоценовый эрозионно-денудационный, валдайский и современный флювиальный и эоловый рельеф.

К группе ледникового рельефа отнесены полигенетические типы и формы как собственно ледникового, так и водноледникового происхождения. Это краевые ледниковые образования и моренные равнины.

В пределах Смоленско-Московской возвышенности преобладает крупнохолмистый рельеф с превышениями до 25 - 40 м и мелкохолмистый рельеф. При наличии покрова лессовидных пород грани рельефа приобретают более мягкие очертания, в нижней части склонов возникают условия для развития овражной эрозии. Описанный рельеф возник в процессе отступления ледника.

Моренные равнины характеризуются, главным образом, холмистым рельефом, тяготеющим к периферии конечно-моренных массивов и гряд. В первом случае поверхность ее средне-и мелкохолмистая, с многочисленными, иногда собранными в группы, холмами овальной формы высотой 3 - 10 м, которые сливаются своими основаниями или разделены заболоченными понижениями; наблюдаются термокарстовые западины. Часто встречаются озера. По происхождению большинство из них рывинные, имеют вытянутую форму и соединяются протоками.

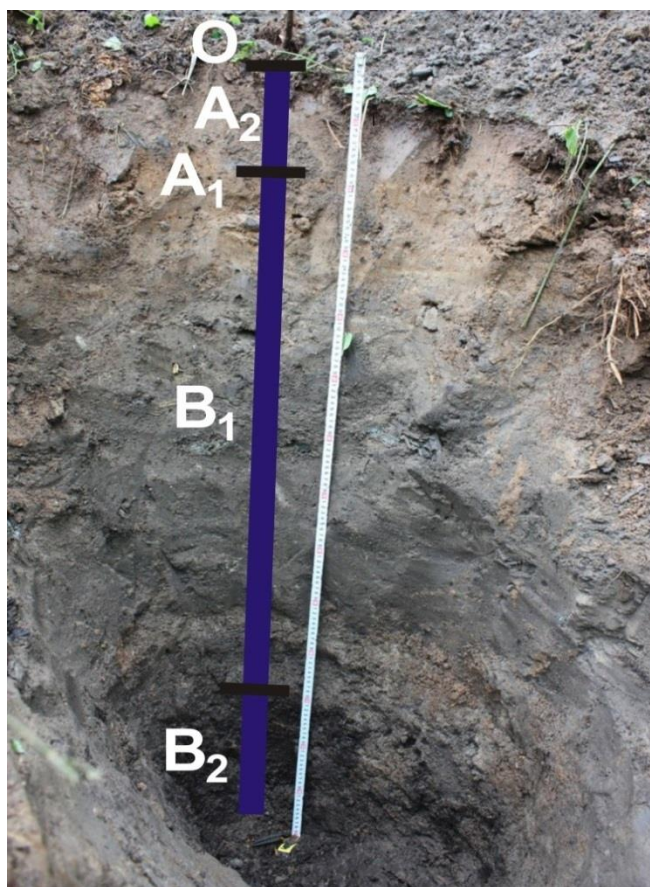
В формировании водно-ледникового рельефа главную роль играли потоки талых ледниковых вод. Выделяются аккумулятивные и эрозионные формы. К первым относятся флювиогляциальные равнины, долинные зандры, камы, озы, флювиогляциальные дельты, вторые представлены подледниковыми рывинами. Флювиогляциальные равнины. Поверхность равнины мелкохолмистая и полого-

волнистая (амплитуда высот до 5 м), что обусловлено неравномерной аккумуляцией материала или его малой мощностью. Зандровые равнины 1-3 м. В доледниковых ложбинах перед фронтом ледника формировались плоские долинные зандры (ложбины стока, унаследованные долинами рек (Днепр).

В пределы Национального парка «Смоленское Поозерье» входит территория, формирование которой связано с деятельностью валдайского ледника и его талых вод. Многообразие форм рельефа, состава и строения почвообразующих пород и связанные с ними различия в увлажнении обуславливают наиболее значительную пестроту почвенного покрова этой территории. В ее почвенном покрове особенно заметна мелкоконтурность, связанная с преобладанием небольших форм рельефа, сравнительно частой сменой почвообразующих пород и значительным распространением двучленных пород. Часто по этой причине и из-за значительных различий в увлажнении велика контрастность почвенных микро- и мезосочетаний.

#### 2.1.4 Почвенно-растительные условия.

Данная территория выделяется, прежде всего, своеобразием почвообразующих пород.



Генетический горизонт	Глубина (см)	Характеристика
O	0-5	Лесная подстилка бурого цвета, состоит в основном из мха, листьев и корней деревьев.
A <sub>1</sub>	5 - 15	Гумусово-элювиальный горизонт, серовато-белесый.
A <sub>2</sub>	15-16	Оподзоленный горизонт, светло-коричневого цвета, границы перехода неясны.
B <sub>1</sub>	16-115	Иллювиальный горизонт, супесь светло-коричневого цвета, влажная, комковатая.
B <sub>2</sub>	115-...	Иллювиальный горизонт, супесь темно-коричневого цвета, сырая, комковатая.

Рис.8 Почвенный разрез вблизи озера Лошамье

Здесь полностью отсутствуют широко распространенные на большей части Смоленской области лессовидные суглинки. Почвы развиваются в основном на супесях, моренных суглинках, песках озерно-ледниковых и зандровых равнин. Весьма широко распространены двучленные породы, у которых нижний слой представлен моренной, а верхний - супесями, песками, легкими суглинками (рис.8). Заметно больше здесь болотных почв, представленных нередко едиными значительными по площади массивами.

Леса занимают более 80 % территории парка. В основном это сложные ельники и широколиственные леса. В парке насчитывается 887 видов и гибридов сосудистых растений, среди которых много интересных видов, как в научном (редкие и реликтовые виды), так и в практическом отношении (лекарственные, пищевые, кормовые, дубильные). Венерин башмачок, ветреница дубравная, купальница европейская и другие относятся к редким и исчезающим видам. На сегодня 65 видов растений парка занесены в Красную книгу Смоленской области, и 10 видов - в Красную книгу РФ.

### **2.1.5 Животный мир.**

На территории отмечено 57 видов млекопитающих. Широко распространены представители таежной фауны: лось, кабан, волк, лисица, ласка, горностай. Также встречаются медведь, рысь и белка-летяга. Обычен бобр. Из представителей лесостепной зоны здесь можно встретить мышь-полевку, хомяка, зайца.

В парке зарегистрировано 222 вида птиц, из них 67 - редкие, 19 видов занесены в Красную книгу России. Встречаются орлан – белохвост, скопа, змееяд, беркут, черный аист. В парке много околоводных и водно-болотных видов птиц – чайка, кулик, утки, лебеди. В лесах обитают зяблик, белая трясогузка, крапивник, певчий дрозд. Рядом с человеком селится белый аист. . (URL: <http://www.poozerie.ru>).

## **2.2 Геологическое строение**

На территории парка «Смоленское Поозерье» установлены отложения верхнего протерозоя, девонской и четвертичной систем. Верхнепротерозойские и среднедевонские отложения вскрыты единственной глубокой скважиной в посёлке Пржевальское. Верхнедевонские отложения изучены по разрезам скважин, пробуренных во время геологической съёмки района, четвертичные отложения описаны по разрезам скважин и естественных обнажений.

Вендский комплекс. Валдайская серия

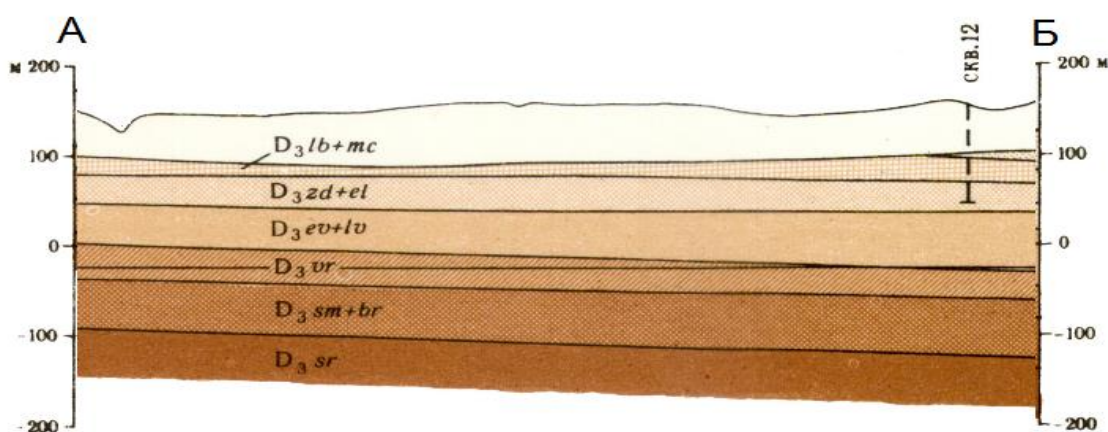


*Редкинская свита (PR<sub>3rd</sub>)* вскрыта в пржевальской скважине на глубине 929-984,7 м, она имеет неполную мощность 55,7 м. Представлена сверху зеленовато-черными и чёрными алевролитами с прослоями песчаников светло-серых, кварцевых, мелко- и среднезернистых, переслаивающимися с аргиллитами с глинисто-карбонатным цементом. Внизу преобладают тёмно-серые тонкослоистые алевроиты.

*Поваровская свита. Нижнеповаровская подсвита (PR<sub>3pv1</sub>)* залегает на глубине 929 м и имеет мощность 109 м. В подсвите выделены 4 литологические пачки: первая (нижняя) имеет мощность 33,2 м, вторая - 22,3, третья - 41,5 м, четвёртая – 12 м. Первые три пачки имеют сходное строение и сложены переслаивающимися аргиллитами и алевролитами, имеющими незначительные отличия в цвете, зернистости и цементе; четвёртая пачка представлена светло-серыми кварцевыми мелкозернистыми песчаниками с глинисто-доломитовым цементом.

*Поваровская свита. Верхнеповаровская свита (PR<sub>3pv1</sub>)* залегает согласно на нижнеповаровской подсвите в интервале 734-820 м, т.е. имеет мощность 86 м. Подсвита представлена толщей зеленовато-желтовато-коричневато-серых глин. По плоскостям напластования наблюдаются многочисленные плёнки тёмно-коричневого цвета, иногда с побежалостью. В основании подсвиты залегают разномзернистые песчаники с гравием кварца.

Девонская система  
Средний отдел  
Живетский ярус



**Рис.9** Разрез отложений девонской системы

*Пярусский горизонт (D<sub>2pr</sub>)* выделяется на глубине 675-734 м (мощность 59 м) залегает с угловым несогласием на породах верхнего протерозоя. Горизонт представлен пестроцветными глинами с обломочным материалом, зеленовато-серыми

разнозернистыми песчаниками с примесью полевых шпатов и гранатов, алевролитами, а также маломощными прослоями доломитов и мергелей.

*Наровский горизонт. Нижненаровский подгоризонт ( $D_{2nr1}$ )* в пржевальском разрезе имеет мощность 47 м и представлен переслаиванием доломитов, мергелей и глин. Литологически подгоризонт разделён на три пачки: доломитовая (нижняя) имеет мощность 14,2 м, гипсово-ангидритовая – 9,8 м, верхняя пачка мощностью 23,5 м состоит из доломитов, мергелей и глин с включением линз гипсов и ангидритов.

*Наровский горизонт. Верхненаровский подгоризонт ( $D_{2nr2}$ )* имеет мощность 79 м. Граница с нижележащим подгоризонтом проведена условно по основанию пачки глин, не содержащей включений гипсов. В подгоризонте выделено три пачки: первая имеет мощность 40 м и сложена голубоватыми глинами с прослоями мергелей и многочисленными обломками лингул, панцирей и щитков рыб; вторая пачка мощностью 22 метра состоит из чередующихся мергелей, глин и доломитов с остатками брахиопод; верхняя пачка с мощностью 17 м состоит из голубовато-серых глин с остатками лингул и рыб.

*Старооскольский горизонт ( $D_{2st}$ )* по данным каротажа представлен глинами, алевролитами, песками, мощность горизонта 120 м

Верхний отдел

Франский ярус

Нижефранский подъярус

*Свентойский горизонт ( $D_{3sv}$ )* имеет мощность 80 м и может быть подразделён на две пачки. Нижняя пачка (60 м) представлена песками с редкими прослоями глин. Верхняя (20 м) сложена аргиллитоподобными глинами с прослоями алевритов и песков.

*Саргаевский горизонт ( $D_{3sr}$ )* мощностью 50 м сложен коричневато-серыми мелко- и среднекристаллическими доломитами. В верхней части горизонта доломиты глинистые, содержат тонкие пропластки мергелей и доломитовых глин.

Ниже- и вышефранский подъярусы

*Семилукский и бурежский горизонты ( $D_{3sm+br}$ )* имеют мощность около 40 м. Нижняя граница проводится в основании зелёных глин, чётко разделяющих глинисто-карбонатные семилукско-бурежские отложения от карбонатных саргаевских. Горизонты сложены зеленовато-серыми и коричневато-серыми доломитами с фауной перекристаллизованных брахиопод, гастропод, остракод, иглокожих и кораллов. Встречаются линзы разнозернистых кварцевых песков.



## Верхнефранский подъярус

*Воронежский горизонт ( $D_{3vr}$ )* согласно залегает на семилукско-бурегских отложениях, граница с которыми проводится несколько условно с появлением в разрезе пестроцветных глин, аргиллитов и песчаников. Мощность горизонта 40 м. Представлен он доломитами, доломитовыми мергелями с прослоями глин, количество и мощность которых убывает снизу вверх по разрезу. Фауна представлена рыбами и лингулами.

*Евлановский и ливенский горизонты ( $D_{3ev+lv}$ )* имеют суммарную мощность 60 м. Литологически делятся на две пачки: преимущественно терригенную нижнюю и верхнюю карбонатную. Нижняя пачка (40 м) состоит из зеленовато-серых глин и мергелей с прослоями доломитов, верхняя пачка (20 м) сложена доломитами с прослоями мергелей и реже глин. Для всего разреза характерно наличие линз, гнёзд и прожилок белых и розовых гипсов.

## Фаменский ярус

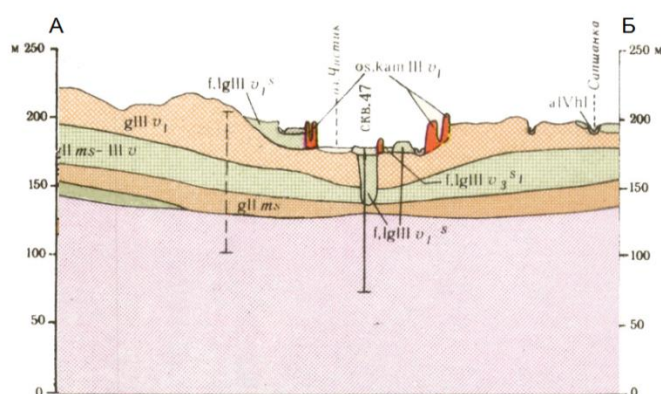
### Нижнефаменский подъярус

*Задонский и елецкий горизонты ( $D_{3zd+el}$ )* имеют мощность 22-23 м. Литологически горизонты разделяют на две пачки: нижняя (13 м) сложена алевроитистыми мергелями, доломитами и глинами с прослоями кварцевых песчаников с известковистым, глинисто-доломитовым или гипсовым цементом; верхняя пачка мощностью 10 м сложена желтовато-серыми пятнистыми мелко- и среднезернистыми доломитами с остатками брахиопод.

### Верхнефаменский ярус

*Лебедянский горизонт и мценская толща данковского горизонта ( $D_{3lb+mc}$ )* мощностью 109 м подразделяется на три пачки. Нижняя пачка имеет мощность 8 метров и сложена глинистыми тонкослоистыми доломитами. В основании пачки светло-серые неравномерно глинистые доломиты конгломератовидного или обломочного строения с примесью зёрен кварца. Средняя пачка (18 м) сложена глинами, мергелем и доломитами, переслаивающимися в разрезе и содержащими обрывки трубчатых водорослей. Верхняя пачка мощностью 10 м представлена микро- и мелкокристаллическими доломитами.

## Четвертичная система



**Рис.10** Разрез отложений четвертичной системы

*Днепропетровский-московский горизонты. Водноледниковые, аллювиальные и озёрные отложения ( $f,lgII\ dn-ms$ ) сохранились преимущественно в понижениях дочетвертичного рельефа, залегая на коренных породах. Среди днепровско-московских межморенных образований присутствуют разновозрастные отложения различного генезиса: флювиогляциальные днепровского и московского ледников и озёрные образования одинцовского межледниковья*

### Верхнечетвертичные отложения

#### Валдайский надгоризонт

#### Нижневалдайский горизонт

*Ледниковые отложения-морена ( $gIIIv_1$ ) на большей части территории залегает у поверхности, где слагает возвышенные участки, местами перекрываясь водноледниковыми и аллювиальными отложениями. Средняя мощность морены 15-20 м, представлена красновато- и коричневатобурыми грубыми суглинками и супесями, содержащими большое количество валунов, гравия и гальки преимущественно кристаллических и метаморфизованных горных пород. В ряде мест в толще морены встречаются отторженцы как четвертичных, так и дочетвертичных пород.*

*Водноледниковые отложения времени отступления ледника ( $f,lgIIIv_1^s$ ) представлены разнообразными по генезису и условиям залегания осадками. Наиболее широким распространением пользуются озёрно-ледниковые отложения, приуроченные Демиково-Касплянской низине. Мощность озёрно-ледниковых отложений 3-5 м, сложены они жёлтыми мелкозернистыми слабоглинистыми хорошо сортированными песками и глинами. На контакте с подстилающей мореной обычно уплотнены и ожелезнены.*

Менее распространены осадки флювиогляционного происхождения. Они приурочены к полосе конечных морен максимальной стадии оледенения, где образуют неширокие зандровые поля. Мощность их изменчива на территории, прилегающей к посёлку Пржевальское: от нескольких метров до 43,8 м в деревне Никитенки. Близ Пржевальского флювиогляциальные отложения представлены грубыми плохо сортированными песками с косой слоистостью. Часто отмечаются линзы и прослои гравийно-галечного материала.

#### Современные отложения

##### Голоцен

*Озёрные отложения (IVh1)* отмечаются только в крупных озёрах, таких как Сапшо, Рытое, Чистик и представлены тонкими песками, супесями.

*Аллювиальные отложения (IVh1)* прослеживаются вдоль рек и ручьёв, выстилающих днища балок и оврагов. Мощность пойменного аллювия меняется от 1-2 м в верховьях рек и ручьёв до 3-5 в долинах крупных рек.

*Болотные образования (hIVh1)* развились на месте существовавших ранее озёрно-ледниковых котловин. В центре таких массивов наблюдаются остаточные мелкие озёра. Болотные отложения представлены тёмно-серыми мелкозернистыми сильно гумусированными песками. Мощность болотных отложений 1-3 м (Геологическая карта СССР. Объяснительная записка, 1977).

## 2.3 Гидрогеологические условия

Территория национального парка «Смоленское Поозерье» принадлежит к краевой части западного склона Московского артезианского бассейна. В осадочной толще и кристаллическом фундаменте выделены 19 водоносных горизонта и комплекса и 4 региональных водоупора.

*Воды современных болотных образований (hQ<sub>IV</sub>)* приурочены к торфяным верховым болотам и переходного типа болотам, развитым преимущественно в районах озёр (Глубое, Мутное). Воды заключены в толще торфа различной степени разложения с прослоями гумусированных песков. Коэффициент фильтрации 0,1 м/сут. Подстилаются они валунными суглинками морены. Воды имеют бурый цвет, запах гнили, по составу являются гидрокарбонатными кальциевыми, минерализация достигает 0,5 г/л.

*Современный озёрно-аллювиальный водоносный горизонт (a,lQ<sub>IV</sub>)* распространён в долинах рек и ручьёв и по берегам озёр. Воды грунтового типа. Водовмещающие

породы представлены разномеристыми песками, иногда глинистыми, с прослоями супесей и суглинков. Глубина залегания горизонта 0,2-1 м. Состав воды преимущественно гидрокарбонатный кальциево-магниевый с минерализацией 0,2-1 н/л.

*Валдайско-московский аллювиально-флювиогляциальный водоносный горизонт* ( $fQ_{II-IIIms-v}$ ) распространён повсеместно, исключая территорию, прилегающую к озеру Чистик. Водовмещающими породами являются пески и супеси с прослоями глин. Коэффициент фильтрации песков составляет 11-14 м/сутки, мощность горизонта 10-20 м. На большей части территории горизонт перекрыт суглинками валдайской морены, которая обуславливает его напорный характер. Состав воды гидрокарбонатный кальциево-магниевый. Общая минерализация изменяется в пределах 0,1-0,7 г/л. Воды умеренно жёсткие и жёстки.

*Московский водоупор* ( $gQ_{IIms}$ ) представлен валунными суглинками мощностью 10-15 м. Водоупор подстилает почти повсеместно валдайско-московский водоносный горизонт, лишь изредка спорадически обводнённую морену валдайского оледенения, а перекрывает московско-днепровский водоносный горизонт.

*Данко-лебедянский водоносный горизонт* ( $D_{3lb-d}$ ) приурочен к отложениям данковского и лебедянского горизонтов верхнего девона. Водовмещающие породы – доломиты с прослоями мергелей, глин, песков, песчаников. В районе посёлка Пржевальское наблюдается увеличение мощности карбонатных пород до полного их преобладания. Мощность горизонта 30-55 м. В зависимости от степени трещиноватости пород их коэффициент фильтрации варьирует от 0,1 до 18,6 м/сутки, преобладает 3-5 м/сутки. Горизонт напорный. Воды преимущественно гидрокарбонатные кальциево-магниевого, с величиной минерализации 0,1-1,0, преобладают 0,4-0,6 г/л.

*Елецкий водоносный горизонт* ( $D_{3el}$ ) представлен доломитами, частично мергелями и глинами, в районе посёлка Пржевальское породы загипсованы. Водопроницаемость доломитов характеризуется коэффициентами фильтрации, равными 1-41, преобладают 2-7 м/сутки. Мощность водоносного горизонта изменяется за счёт дочетвертичных размывов его кровли от 1 до 25 м, преобладают 16-20 м. Сплошного водоупорного перекрытия горизонт не имеет, локальными верхним водоупором служат валунные суглинки днепровской морены, на остальной территории водоупором служат глины и мергели, приуроченные к подошве лебедянского или кровле елецкого горизонтов. Горизонт напорный. Состав воды гидрокарбонатный кальциево-магниевый, а величина минерализации 0,4-0,6 г/л.

*Задонский водоупор* ( $D_{3zd}$ ) приурочен к нижней пачке глинисто-мергелистых пород нижнефаменского подъяруса верхнего девона. Водоупор представлен глинами,

мергелями с прослоями песчаников и доломитов. В районе посёлка Пржевальское породы загипсованы. Мощность горизонта около 18 м.

*Ливенско-евлановский водоносный горизонт ( $D_{3ev-lv}$ )* приурочен к ливенскому и евлановскому горизонтам верхнего девона. Водовмещающие горные породы представлены доломитами, большей частью загипсованными. Горизонт напорный. Состав вод сульфатный и сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-магниевый, минерализация 1,1-8,5 г/л. Воды горизонта обладают сульфатной агрессией, в воде присутствуют бор, фтор, цинк.

*Воронежско-бурегский водоносный горизонт. Верхневоронежский водоносный горизонт ( $D_{3vr_2}$ )* приурочен к доломитам верхневоронежского подгоризонта верхнего девона. Водовмещающие породы представлены преимущественно доломитами. Мощность водоносных пород 6-24 м. Водоносный горизонт перекрыт мергелями и глинами нижней части ливенско-евлановского горизонта и подстилается нижневоронежскими водоупорными глинами. Подгоризонт высоконапорный. Преобладающая водопроницаемость 40-73 м<sup>3</sup>/сутки. Состав воды сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый с общей минерализацией 1,1 г/л.

*Воронежско-бурегский водоносный горизонт. Нижневоронежский водоносный горизонт ( $D_{3vr_1}$ )* приурочен к нижневоронежскому подгоризонту воронежского горизонта, представлен чередованием доломитов, мергелей и глин. Мощность водоупора 13-33 м.

*Семилукско-саргаевский водоносный комплекс ( $D_{3sr-sm}$ )* представлен доломитами с маломощными прослоями мергелей и глин в основании. Мощность рассматриваемого комплекса составляет 88-103 м. Водоносный комплекс содержит высоконапорные воды, высота напора 222 м. Химическая характеристика воды довольно разнообразная, хотя и преобладают гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды с величиной минерализации 0,6-0,7 г/л. Отмечаются участки с хлоридно-сульфатными водами с минерализацией 1,8 г/л. (Геологическая карта СССР. Объяснительная записка, 1977)

## 2.4 Тектоника

В структурном плане рассматриваемая территория располагается в краевой части юго-западного склона Московской синеклизы. В строении участвует два структурных комплекса: кристаллический фундамент и осадочный чехол.

По данным В.Н. Зандера, на основании гравиметрических и магнитных работ, считается, что нижний структурный комплекс сложен архейско-среднепротерозойскими сильнодислоцированными метаморфическими горными

породами гранито-гнейсового состава, прорванными интрузиями основного и кислого состава и осложнёнными разрывными нарушениями.

Осадочный чехол делится на три структурных яруса: верхнепротерозойский, палеозойский и кайнозойский.

Начало формирования осадочного чехла связывают с байкальским этапом развития Русской плиты, здесь происходит накопление грубообломочных красноцветных отложений мощностью около 1000 м.

Средний структурный ярус представляет собой отложения среднего и верхнего ярусов девона. Девонские отложения погружаются от 125 до 20 м абсолютной высоты на восток-северо-восток к центру Московской синеклизы. Падение слоёв составляет 1,4 м/км.

Верхний структурный ярус осадочного чехла представлен преимущественно ледниковыми и водноледниковыми четвертичными образованиями, которые сплошным чехлом облекают породы девона.

Дифференцированные движения в пределах национального парка происходят по сей день, это доказывает неотектонический анализ, проведённый с широким использованием аэрофотоматериалов, который позволяет выделить участки, испытывающие как положительные, так и отрицательные движения, а также отдельные локальные структурные формы. Локальные поднятия имеют эллипсоидную форму размером от 5 до 21 км в длину и от 2 до 13 км в ширину. Простираение поднятий преимущественно северо-западное и северо-восточное. Чаще всего пространственно эти поднятия совпадают с локальными поднятиями верхнефранских доломитов. Кроме того, они часто совпадают с магнитными или гравитационными аномалиями. (Геологическая карта СССР. Объяснительная записка, 1977)

## **2.5 Полезные ископаемые**

Большинство полезных ископаемых района связано с четвертичными отложениями довольно значительной мощности. С плащом озёрно-ледниковых и моренных образований связаны месторождения легкоплавких глин. С обширными по площади конечными моренами и краевыми образованиями связаны залежи гравия, валунов и строительных песков различного назначения. Строительные пески преимущественно встречаются в толще межморенных и аллювиальных отложений. Торфяные залежи сосредоточены на озёрно-ледниковых равнинах, но из-за скудности эти залежи используются достаточно слабо.

Карбонатные отложения девона залегают на значительных глубинах и не являются перспективными для разработки.

Что касается палеозойских и протерозойских минеральных вод и рассолов, то эти представляют интерес для бальнеологического использования. В посёлке Пржевальское у озера Сапшо вскрыты скважинами на глубине 200 м в ливенско-евлановских слоях верхнего девона лечебно-питьевые сульфатные кальциево-магниевые воды с минерализацией 3,3-3,5 г/л (Геологическая карта СССР. Объяснительная записка, 1977)

### 3. Методика исследований

Эколого-геохимический мониторинг включает в себя определение концентраций в природных компонентах (почва, донные отложения), таких важных поллютантов как тяжелые металлы и металлоиды, которые служат важными показателями антропогенного воздействия на экосистемы.

Одним из главных аспектов эколого-геохимического исследования озера Лошамье – это выявление загрязняющих веществ в почве и донных отложениях озера, в т.ч. такого тяжелого металла как ртуть. По результатам мониторинга прошлых лет, проводимого администрацией национального парка совместно с аттестованными лабораториями г. Смоленска на оз. Лошамье было установлено превышение концентрации ртути над ПДК в 20 раз в 2008 году для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования (таб.2), затем концентрация снизилась (превышение в 7 раз в 2009, с 2010 – ниже ПДК). Очевидно, что подобная динамика свидетельствует о разовом загрязнении объекта. Это явление оказывается весьма необычным для потенциально чистой зоны, находящейся на строго заповедной территории.

Для выявления источника загрязнения с 2014 года сотрудниками и студентами кафедры экологической геологии Санкт-Петербургского государственного университета совместно с администрацией национального парка «Смоленское Поозерье» было решено проводить полный анализ природных компонентов (почв и донных отложений) в акватории и водосборной площади озера. Задача исследования заключается в изучении особенности распределения ртути в донных отложениях и в почве, а также в установлении возможных источников поступления ртути в водоем.



Данные мониторинга качества воды оз. Лошамье 2008-2014

Место отбора проб	Содержание, мг/л
	Hg
<b>2008</b>	
Отбор с берега	<b>0,0943</b>
<b>2009</b>	
Отбор с берега	<b>0,0035</b>
<b>2010</b>	
Отбор с берега	0,00005
<b>2014</b>	
Отбор придонных вод	0,00001
<b>ПДК водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования, в воде водоёмов</b>	<b>0,0005</b>

При эколого-геохимическом мониторинге окружающей среды возможен анализ химических веществ в различных природных средах. Одни природные среды являются динамичными и моментально реагируют на выбросы загрязняющих веществ (воздух, вода). Методики исследования таких компонентов обычно используют для отслеживания моментальных выбросов загрязняющих веществ от крупных объектов промышленности, которые служат источниками серьезного антропогенного воздействия.

Другие методики направлены на изучение более стабильных природных сред (почва, донные отложения), анализ которых позволяет оценить изменения наземных и водных экосистем, накопленные на протяжении долгого промежутка времени. Такой способ оценки природных компонентов применим на исследуемой территории озера Лошамье национального парка «Смоленское Поозерье».

Территориально озеро Лошамье, находится в зоне заповедного режима, то есть зона, в пределах которой запрещена любая хозяйственная деятельность и рекреационное использование территории. Поэтому для определения концентраций химических элементов в ходе комплексного эколого-геохимического исследования были выбраны такие природные среды как почвы и донные осадки. Донные отложения,

а также почва являются депонирующими средами, показывающими состояние наземных и водных экосистем в течение продолжительного периода времени.

В данной работе будет осуществляться определение фоновых концентраций наиболее опасных тяжелых металлов и металлоидов (Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg) в почвах и донных отложениях. Полученные результаты будут являться основой для дальнейшей разработки администрацией национального парка системы эколого-геохимического мониторинга территории.

### 3.1. Методика отбора проб.

Отбор проб проводился в течение 2014-2016г. Сводные данные о количестве проб и месте их отбора представлены в таблице 3.

Таблица 3

Сводные данные о количестве проб и месте их отбор

Типы проб	Год Отбора	Место отбора	Кол-во проб, шт
Почва	2014 2015	Пробы верхнего почвенного горизонта (глубина 0-10 см)	82
Донные отложения		Нестратифицированные донные осадки	61
Прибрежные пробы		Вдоль берега озера с глубины не более 1-2 м	14
7 шурфов	2016	Глубина шурфов до 2 м	81
6 скважин		Глубина скважин до 5 м	20
Почва		Пробы верхнего почвенного горизонта (глубина 0-10 см)	16

*Методика отбора проб донных осадков.* В период работ пробы нестратифицированных донных осадков отбирались с различных глубин при помощи бентосного дночерпателя Ван-Вина. Пробы отбирались по сети 100\*100 м в тряпичные мешочки с этикеткой номера пробы и глубины взятия.

*Методика отбора проб почв.* Пробы отбирались с верхнего (органогенного) почвенного горизонта (глубина 0-10 см) методом конверта по регулярной сети

1000×1000 м соответственно ГОСТ 17.4.3.01-83 «Общие требования к отбору проб». (Кононова и др., 2015)

*Методика отбора проб шурфов.* Для изучения почв на исследуемой территории было пройдено 7 шурфов глубиной до 2 м, проведены подробные описания всех встретившихся горизонтов и послойный отбор через 10 см (0-10, 10-20, 20-30 см и т.д.), для определения содержаний поллютантов и выявления закономерностей их распределения с глубиной.

*Методика отбора проб скважин.* Важная часть в исследовании почвогрунтов является бурение скважин. Нами было пробурено 6 скважин глубиной до 5 м. Бурение проводилось шнеком (Ø0,6 м) мотобуром STIHL 121 ВТ. Средняя масса сырого образца – 250 гр. Пробы отбирались с каждого пробуренного метра или с каждой стратиграфической разности. С помощью бурения мы можем узнать геологическое строение участка работ, а также изучать грунт геохимическими методами, не выкапывая шурф.

### **3.2 Лабораторный анализ проб.**

Пробоподготовка проб донных отложений и почв производилась на кафедре ГМПИ, а также на кафедре экологической геологии СПбГУ. Далее пробы были доведены до воздушно-сухого состояния, затем измельчены до размера частиц порядка 50 мкм. Пробы дробились на планетарной мельнице Pulverisette 7 в течение 1 мин. на скорости вращения 400 оборотов в минуту.

### **3.3 Гранулометрический анализ.**

Гранулометрический анализ проводится для определения процентного соотношения частиц различного размера вне зависимости от химического и минералогического анализа.

Анализ отобранных проб осуществлялся на базе кафедры экологической геологии Института наук о Земле. Для определения размеров частиц используется ситовый метод – один из наиболее простых и широкоприменяемых методов в практике исследований грунтов. Метод используется для определения гранулометрического состава крупнообломочных и песчаных грунтов, а также крупнозернистой части пылевато-глинистых грунтов.

Сущность метода заключается в рассеивании пробы грунта с помощью набора сит. Для разделения грунта на фракции ситовым методом без промывки водой применяют сита с отверстиями 1, 0,1, 0,01 мм. До начала ситования и после него пробы взвешиваются на

аналитических весах с погрешностью не более 0,1 % от массы навески для дальнейшего определения процентного соотношения фракций. Далее, исходя из соотношений каждой из фракции, дается название в соответствии с классификацией Фролова.

### **3.4 Рентгено-флуоресцентная спектрометрия.**

Анализ отобранных проб (почва, донные отложения) осуществлялся на базе кафедры геохимии Института наук о Земле. Принцип действия спектрометра основан на выделении характеристических линий флуоресцентного излучения исследуемого образца, возбуждаемого излучением острофокусной рентгеновской трубки, регистрации интенсивности этих линий и пересчета их в концентрации соответствующих элементов.

Кристалл-дифракционные и энергодисперсионные каналы, входящие в состав разных модификаций спектрометра, осуществляют выделение характеристических линий на основе волновых и квантовых свойств рентгеновского излучения, соответственно.

На рис.11 схематично изображена рентгенооптическая схема спектрометра, поясняющая его работу. Первичное излучение рентгеновской трубки 2 возбуждает в исследуемом образце 1 флуоресцентное излучение, которое через входную щель 3 попадает на фокусирующий кристалл-анализатор 4, выделяющий из спектра образца характеристическую линию, соответствующую условиям отражения по закону Вульфа-Брэгга:

$$n\lambda = 2d \sin \Theta,$$

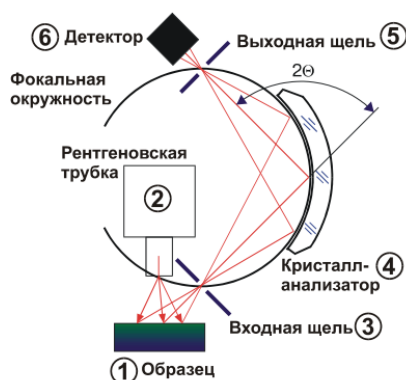
где  $n$  - порядок отражения ( $n = 1, 2, \dots$ );

$\lambda$  - длина волны падающего излучения, А;

$d$  - межплоскостное расстояние кристалл-анализатора, А;

$\Theta$  - угол падения излучения на кристалл, град

Угол падения первичного излучения на образец  $\phi = 90^\circ$ , угол отбора вторичного излучения  $\Psi = 30^\circ$ . Выделенное излучение кристалл-анализатор 4 фокусирует в приемную щель 5 блока детектирования 6, сигнал с которого поступает на вход усилителя- дискриминатора, затем на вход счетного устройства. Число импульсов, зарегистрированное за установленное время экспозиции пропорционально содержанию соответствующего химического элемента в образце, и, в зависимости от конкретной аналитической задачи, может быть пересчитано по различным методикам в процент концентрации или массовую долю элемента в образце.



**Рис.11** Рентгенооптическая схема

1 – исследуемый образец; 2 - рентгеновская трубка; 3 - входная щель; 4 - кристалл-анализатор; 5 - приемная (выходная) щель; 6 - блок детектирования;

### **3.5 Ртутный аналитический комплекс РА-915+.**

Анализ отобранных проб (почва, донные отложения) осуществлялся на базе кафедры геохимии Института наук о Земле. Ртутный аналитический комплекс РА-915+ позволяет решать практически любые задачи, связанные с контролем технологических процессов и определением ртути в природных средах. Методика позволяет работать как с геолого-геохимической и экологической информацией, так и с медицинской и биологической.

Ртутный анализатор РА-915+ является частью аналитического ртутного комплекса, обладающего уникальной возможностью выполнять быстрые селективные измерения концентрации ртути в атмосферном воздухе, газовых потоках, жидких и твердых пробах.

В состав аналитического ртутного комплекса входят: собственно анализатор РА-915+, а и приставка ПИРО915 используется для измерения концентрации ртути в жидких и твердых пробах — сложного состава методом пиролиза без предварительной минерализации. Технические возможности анализатора позволяют достичь предела обнаружения 1,0 мкг/кг (для почв и горных пород). Пределы допускаемой основной относительной погрешности - 20 %.

Управление процессом измерения в анализаторе осуществляется от внутреннего контроллера или персонального компьютера с помощью специального программного комплекса RA915P.

Измерения проводятся на основании 3 навесок одной и той же пробы весом около 0,3 грамма. После замеров проводится статистика по 3 анализам, выявляется среднее значение.

### 3.6 Статистические методы анализа полученных данных.

Определение фоновых значений поллютантов стало одной из главных задач исследований, проводимых на территории национального парка.

Для расчёта фоновых концентраций использовались измерения, полученные по содержанию элемента в почвах и донных отложениях озера Лошамье. В качестве фонового значения принимался показатель медиан. Этот показатель выбран потому, что, в отличие от математического ожидания, медиана обладает свойством робастности, то есть она является нечувствительной к различным отклонениям и неоднородностям в выборке, связанным с теми или иными причинами, такими как ошибка прибора или опечатки (Иванюкович, 2010). Фоновые содержания тяжелых металлов и металлоидов рассчитывают отдельно для почв, отдельно для донных осадков.

При изучении содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах оценивалась также однородность их распределения по площади изучаемого участка с помощью расчета коэффициента вариации (отношение стандартного отклонения к медиане, выраженное в процентах). При коэффициенте вариации менее 33% выборка считается однородной.

Для элементов, распределение которых является достаточно неоднородным, рассчитываются коэффициенты концентрации по формуле в различных точках:

$$K_k = K_t / K_f$$

$K_t$  – концентрация элемента в исследуемой точке

$K_f$  – фоновая концентрация элемента

Это позволяет оценить систематичность появления аномальных значений, а также выявить области интенсивного накопления тех или иных химических элементов.

Согласно (Кобзарь, 2008) для определения закона распределения выборки возможно использование критерия асимметрии и эксцесса, которые рассчитываются по следующим формулам:

Если  $|A| \leq 3\sqrt{D(A)}$  и  $|E| \leq 5\sqrt{D(E)}$ , то результаты испытаний считают распределёнными нормально.

## **4. Результаты исследований**

Одним из главных аспектов эколого-геохимического исследования озера Лошамье является выявление загрязняющих веществ в поверхностной воде, почве и донных отложениях озера, в т.ч. такого тяжелого металла как ртуть. По результатам мониторинга прошлых лет, проводимого администрацией национального парка совместно с аттестованными лабораториями г. Смоленска в воде оз. Лошамье было установлено превышение концентрации ртути над ПДК (см. 3).

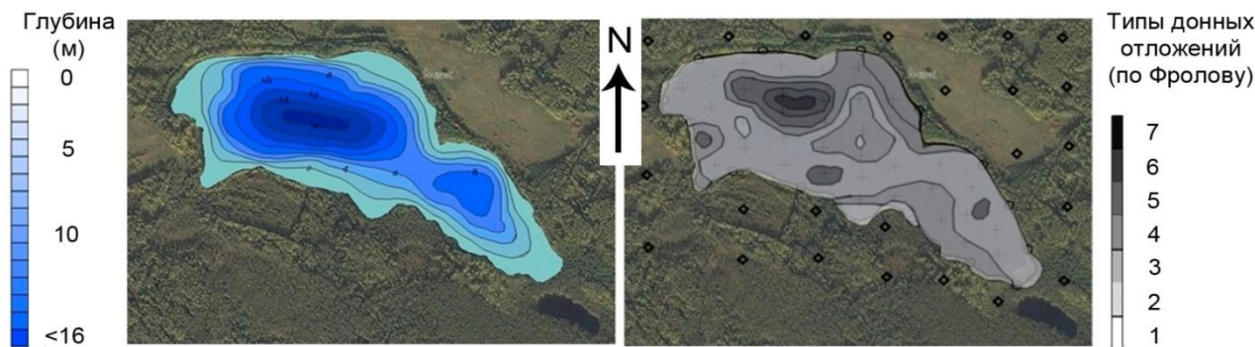
Для выявления источника загрязнения с 2014 года сотрудниками и студентами кафедры экологической геологии Санкт-Петербургского государственного университета совместно с администрацией национального парка «Смоленское Поозерье» было решено проводить полный анализ природных компонентов (почв и донных отложений) в акватории и водосборной площади озера. Задача исследования заключается в изучении особенности распределения ртути в донных отложениях и почве, а также в установлении возможных источников поступления ртути в водоем.

За 2014-2016 года было отобрано 14 прибрежных проб с глубины не более 1-2 м вдоль берега озера, 61 проба донных отложений с помощью дночерпателя Ван Вина, 98 проб верхнего почвенного горизонта, пройдено 7 шурфов и пробурено 6 скважин (методика отбора проб описана в 3.1).

В дальнейшем в лабораторных условиях был произведен анализ отобранных проб на валовое содержания ртути и других тяжелых металлов, а также был изучен гранулометрический состав проб для определения типа и происхождения донных осадков.

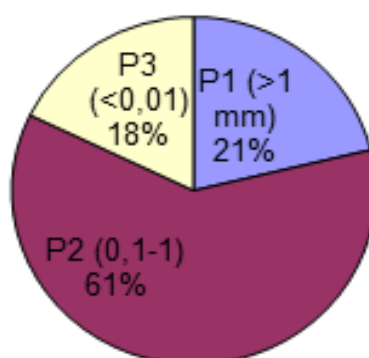
### **Результаты гранулометрического анализа.**

На основании результатов гранулометрического анализа, полученных в предыдущие годы (Гузев и др., 2016), (методика проведения описана в 3.3) было выделено 6 основных фракций, преобладающих в водоёме (рис.12) и составлено процентное соотношение в зависимости от размера частиц (рис.13).



**Рис.12** Карта глубин и гранулометрический состав донных отложений

(1 –слабогравийный песчаный алеврит; 2,3 – среднезернистый гравиево-алевритистый песок; 4 - среднезернистый алевритистый песок; 5 - среднезернистый слабогравийный алевритистый песок; 6 - крупно-среднезернистый алевритистый песок)



**Рис.13.** Процентное соотношение частиц разного размера в пробах донных отложений оз. Лошамье.

Результаты анализа выявили зависимость гранулометрического состава донных осадков от глубины озера. В мелководной ее части накапливается слабогравийный песчаный алеврит, в более глубоких частях озера преобладает крупно-среднезернистый алевритистый песок.

#### **Результаты рентгено-флуоресцентного анализа почв.**

Результаты полевых работ в 2014-2016 гг. установили, что в национальном парке вблизи озера Лошамье преобладают подзолистые и дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы с разной степень оподзоливания, а также встречаются болотные почвы.

Пробы почв были проанализированы (при помощи рентгено-флуоресцентного спектрометра) на валовое содержание тяжелых металлов и металлоидов (Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As, Cd) в поверхностном горизонте почв, вблизи озера Лошамье национальный парк «Смоленского Поозерья» (методика см.3.4). При статистической обработки результатов для каждого элемента определялся характер распределения, а также были рассчитаны средние значения выборок, медианы и коэффициенты вариации (см.3.6).



Результаты сравнивались с ПДК и ОДК и кларками для почв. Результаты анализов представлены в таблице №4

Таблица №4

Результаты рентгено-флуоресцентного анализа почв вблизи озера Лошамье

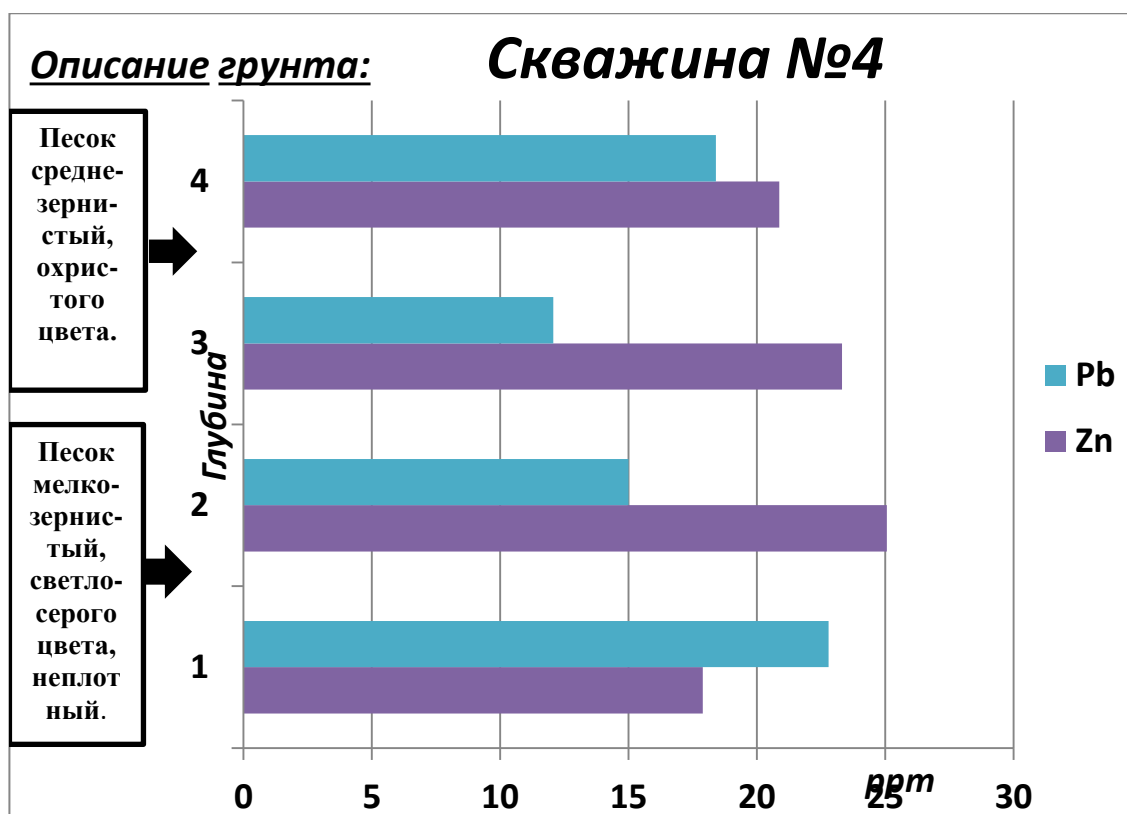
	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	As	Cd
<b>Валовое содержание</b>	<b>мг/кг</b>							
<b>Медиана</b>	-	-	-	-	35	14	-	-
<b>Среднее</b>	-	-	-	-	45	16	-	-
<b>Коэф. вариации</b>	-	-	-	-	40%	39%	-	-
<b>ПДК/ОДК (супес. и песч. почвы)*</b>	-	-	20	33	55	32	2	0,5
<b>Кларк для почв**</b>	70	8	50	30	90	12	6	0,35

\*ГН 2.1.7.2511-09

\*\*Данные составлены в отделе «Геоэкология и геохимическое картирование» ИМГРЭ.

Концентрации Cr, Co, Ni, Cu, As, Cd оказались ниже порога обнаружения прибора. Согласно критериям асимметрии и эксцесса цинк и свинец распределены нормально. Об однородности площадного распределения тяжелых металлов и металлоидов в почвах свидетельствует значение коэффициента вариации. Он не превышает 40%, поэтому медианы действительно можно считать за фоновые содержания данных химических элементов. Среднее валовое содержание Zn и Pb не превышает установленные гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09.

С целью исследования вертикальной миграции элементов и особенностей их распределения с глубиной было пробурено 6 скважин глубиной 2-5 м с подробным геологическим описанием грунтов. Отбор проб производился с интервалом 1 м, а также при достижении каждой новой геолого-литологической толщи. Во всех 6 скважинах преобладал песок, в меньшем количестве встречались супеси и суглинки. Для более наглядной картины ниже представлена одна из скважин вблизи озера Лошамье (см. рис.14).



**Рис.14** Вертикальное распределение Zn и Pb в почвах в районе озера Лошамье

Результаты анализов показали отсутствие зависимости распределения Zn и Pb от глубины взятия проб. Небольшие вариации в значениях можно аргументировать погрешностью измерений. Концентрация Cr, Co, Ni, Cu, Cd, As ниже порога обнаружения данного прибора, поэтому для определения вертикальной миграции данных элементов требуется использовать более чувствительные методы химического анализа.

Одной из главных задач является дать комплексную эколого-геохимическую оценку природных компонентов национального парка «Смоленское Поозерье». При постановке задачи определения фоновых значений было учтено функциональное деление территории. В качестве фонового значения принимался показатель медиан (см. 3.6).

Сравнение фонового содержания тяжелых металлов на двух разных участках национального парка: (табл. №5)

1. участок водосборной площади оз. Лошамье, который находится в строго заповедной зоне;
2. участки водосборной площади озер центральной части (Сапшо, Чистик, Баклановское, Рытое), находящиеся в зоне экстенсивного природопользования и испытывающие, пусть и незначительное, антропогенное воздействие.

Сравнение фонового содержания тяжелых металлов вблизи озера Лошамье и  
центральной части национального парка «Смоленское Поозерье»

Метод анализа	Рентген-флуоресцентная спектрометрия		ICPE IS
мг/кг	оз. Лошамье 2014-2016г	Центральная часть НП 2014- 2015г*	Центральная часть НП 2016г**
<b>Cr</b>	< 20	< 20	8
<b>Co</b>	< 5	< 5	5
<b>Ni</b>	< 10	< 10	6
<b>Cu</b>	< 20	< 20	13
<b>Zn</b>	35	36	24
<b>Pb</b>	14	18	16
<b>As</b>	< 5	< 5	<0,4
<b>Cd</b>	< 5	< 5	<0,4

(\* Кононова, Зеленковский., Подлипский, 2016; \*\*Терехова и др, 2017.)

Результаты показывают, что концентрации Cr, Co, Ni, Cu, As, Cd ниже порога обнаружения рентгено-флуоресцентного спектрометра. Это подтверждается данными за 2016 год, сделанными на ICPE IS в центральной части парка. Рекомендуется в дальнейшем при мониторинге таких важных поллютантов как Cr, Co, Ni, Cu, As, Cd использовать более чувствительные методы химического анализа. Медианы распределений Zn и Pb совпадают для обоих районов, что свидетельствует об отсутствии значимого числа критических значений и очагов загрязнений. Рентгено-флуоресцентный метод является более быстрым и дешевым для определения данных элементов, и может использоваться в дальнейшем при мониторинге национального парка. Среднее валовое содержание исследуемых тяжелых металлов не превышает установленные нормативы ГН 2.1.7.2511-09.

**Результаты анализов почв и донных отложений при помощи ртутного аналитического комплекса РА-915+.**

Целью исследования в районе озера Лошамье является определение закономерностей распределения ртути на данной территории. Для определения источников загрязнения были проведены исследования донных осадков и почв водосборной площади.

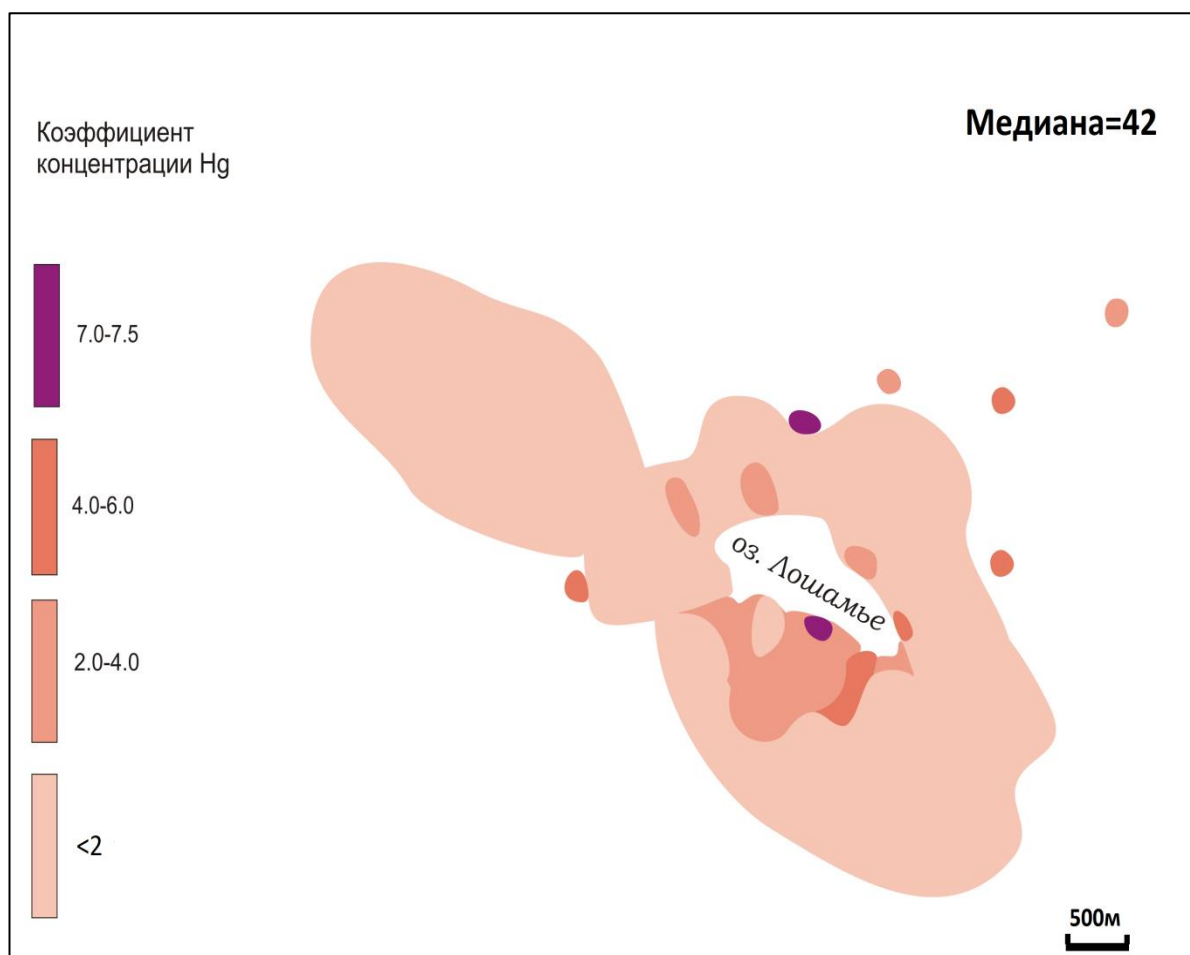
За 2014-2016 гг. вблизи озера Лошамье было отобрано 98 проб верхнего почвенного горизонта. Почвы были проанализированы при помощи ртутного аналитического комплекса РА-915+. Результаты анализов представлены в таблице №6.

Таблица №6

Результаты анализа ртутного аналитического комплекса РА-915+ почв года вблизи озера Лошамье (мкг/кг)

<b>Кол-во проб</b>	<b>Среднее</b>	<b>Медиана</b>	<b>Коэффициент вариации</b>
98	48	42	<b>114%</b>

При статистической обработки результатов было установлено, что распределение ртути соответствует логнормальному закону. Анализ значений коэффициентов вариации, в почвах вблизи озера Лошамье, показал неравномерное распределение ртути. Это свидетельствует о наличие зон наиболее интенсивного преобладания элемента. Для наглядного выявления областей наибольшей аккумуляции ртути были рассчитаны коэффициенты концентрации элемента. Карта распределения ртути вблизи озера Лошамье представлена на рис.15.



**Рис. 15** Карта распределения Hg в почвах вблизи озера Лошамье

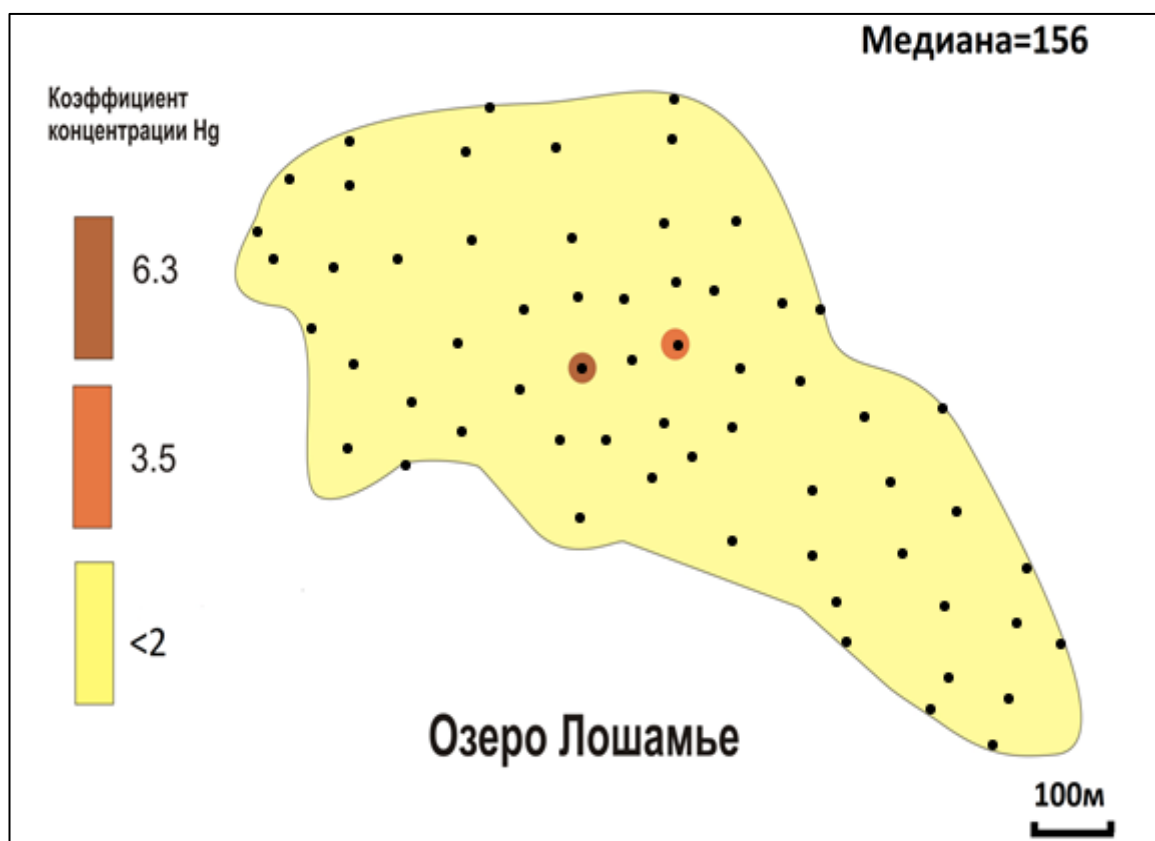
Кoeffициент концентрации ртути варьирует в пределах от 2 до 7,7. Однако на большей части территории вокруг озера содержание ртути однородно и не превышает фон более чем в два раза. На участке южного берега оз. Лошамье концентрация ртути выше фонового значения в 4-6 раз (6 проб). В этой же части, а также на севере исследуемой территории в единичных точках содержание Hg находится на уровне, превышающем фон более чем в 7 раз.

Также за 2014-2016 гг. было отобрано 75 проб нестратифицированных донных отложений. Они анализировались на содержание ртути при помощи ртутного аналитического комплекса РА-915+. Результаты анализов представлены в таблице №7

Результаты анализа ртутного аналитического комплекса РА-915+ донных  
отложений озера Лошамье (мкг/кг)

Кол-во проб	Среднее	Медиана	Коэффициент вариации
75	151	156	47%

При статистической обработке результатов было установлено, что распределение ртути не противоречит нормальному закону. Коэффициент вариации в донных отложениях озера Лошамье показал неравномерное распределение ртути. Для наглядного выявления областей наибольшей аккумуляции ртути были рассчитаны коэффициенты концентрации элемента. Карта распределения ртути в донных отложениях озера Лошамье представлена на рис.16.

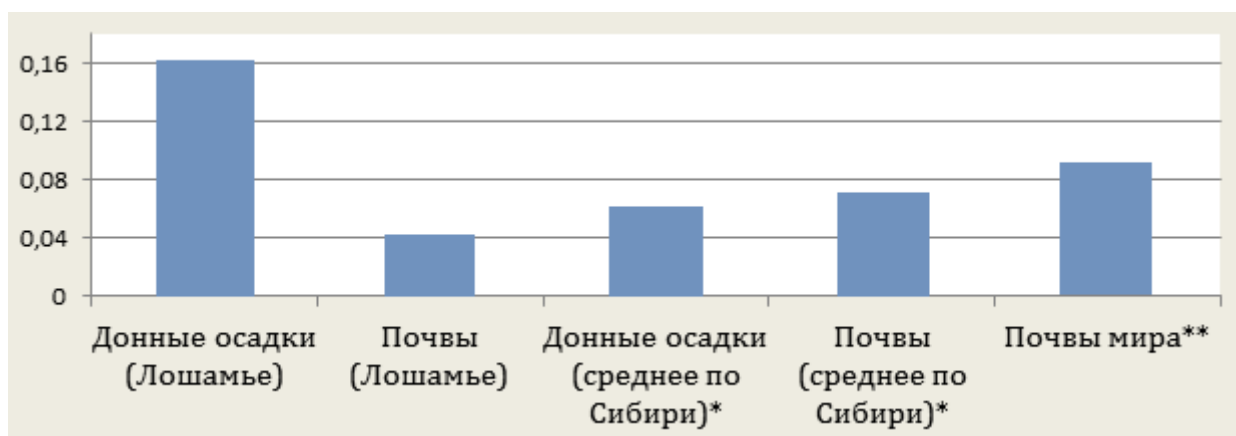


**Рис. 16** Карта распределения Hg в донных отложениях озера Лошамье.

Коэффициент концентрации ртути в донных отложениях однороден, практически во всех пробах он меньше 2, только в двух единичных пробах есть превышения 3.5 и 6.3. Эти точки находятся в центре озера на глубине 12 метров.

На основании лабораторных анализов за 2014-2016 гг. посчитаны фоновые значения содержания ртути в средах (отдельно для донных осадков и почв) и определены закономерности её распределения.

Так как не существует нормативов ПДК для донных отложений, концентрации тех или иных элементов в осадках можно сравнивать только с кларковыми содержаниями или ПДК почв. Кларк ртути в почвах составляет 0.04 мг/кг (данные отдела «Геоэкология и геохимическое картирование» ИМГРЭ). ПДК ртути в почвах составляет 2.1 мг/кг согласно ГН 2.1.7.2511-09. В некоторых регионах России наблюдаются повышенные концентрации ртути по отношению к кларку почв. Естественно, что в урбанизированных территориях содержание ртутит выше, чем в заповедных зонах, минимально подверженных антропогенному влиянию (Удоденко, 2011).



**Рис.17** Фоновые значения содержания ртути в почвах и донных отложениях (мг/кг)

(\*Страховенко В.Д. и др, 2012; \*\* Wedepohl K. H., 1995)

Сравнивая фоновые значения содержания ртути в донных осадках и почвах для района оз. Лошамье с данными по другим объектам можно выделить несколько характерных особенностей.

Так, из рисунка 17 видно, что фоновое содержание ртути в донных осадках озера значительно (более чем в 4 раз) превышает этот показатель для почв. Сравнивая соотношение для пары “почвы - донные осадки” с результатами других исследователей, видно, что характерно либо равенство, либо небольшое превышение содержаний ртути в почвах. Безусловно, нужно учитывать, что исследования

(Страховенко В.Д. и др.) проводились для районов Сибири с более высокой антропогенной нагрузкой. Однако такой характер распределения, вместе с тем фактом, что значение фоновых содержаний в почвах района озера Лошамье в целом ниже и таковых для почв Сибири, и мирового кларка, дает нам основания предположить, что высокие концентрации ртути в воде, зафиксированные в 2008 году, возможно связаны со сбросом поллютанта в воды озера.



## Заключение

В результате исследований озера Лошамье национального парка «Смоленское Поозерье» был изучен гранулометрический состав донных отложений. Была выявлена зависимость гранулометрического состава донных осадков от глубины озера. В мелководной его части накапливается слабогравийный песчаный алеврит, в более глубоких частях озера преобладает крупно-среднезернистый алевритистый песок.

В работе были рассчитаны фоновые концентрации Zn и Pb в почвах вблизи озера. Статистический анализ выявил их однородное площадное распределение, а также не установил районов значимого накопления. При исследовании вертикальной миграции данных элементов было установлено их однородное распределение с глубиной. Небольшие вариации в значениях можно аргументировать погрешностью измерений. Концентрации Cr, Co, Ni, Cu, As, Cd оказались ниже порога обнаружения рентгено-флуоресцентного спектрометра. Среднее валовое содержание исследуемых тяжелых металлов не превышает установленные гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09.

Главной задачей исследований в районе озера Лошамье являлось определение закономерностей распределения ртути на данной территории.

При статистической обработке результатов было установлено, что горизонтальное распределение ртути является однородным и соответствует логнормальному закону для почв, и нормальному закону для донных отложений. Для наглядного выявления областей наибольшей аккумуляции были рассчитаны коэффициенты концентрации и построены карты распределений.

Результаты также показали, что фоновое содержание ртути в донных осадках озера значительно (более чем в 4 раз) превышает этот показатель для почв. Высокие концентрации ртути в воде, зафиксированные в 2008 году, возможно, связаны со сбросом поллютанта в воды озера. Это обязательно следует учитывать при дальнейших эколого-геохимических исследованиях.

Версия о миграции ртутного загрязнения в системе «почвы – донные осадки» не подтвердилась, так как для проверки этой гипотезы были проанализированы пробы почв со значительной территории в районе озера Лошамье.

На основании полученных результатов за период 2014-2016 гг. можно сформулировать следующие рекомендации по мониторингу территории национального парка:

- рекомендуется в дальнейшем при мониторинге таких важных поллютантов как Cr, Co, Ni, Cu, As, Cd использовать более чувствительные методы

химического анализа (пример ICPE IS, ICPE MS). Однако из-за дороговизны данных методов следует отбирать несколько проб-индикаторов в местах наиболее интенсивного накопления ртути, так как остальные элементы распределены по площади равномерно. Полученные результаты о фоновых содержаниях тяжёлых металлов в почвах строго заповедной зоны национального парка могут в будущем использовать как регионально-кларковые показатели при эколого-геохимических исследованиях всего региона.

- для оперативного контроля содержания Zn и Pb можно использовать наиболее быстрый и экономичный метод рентген-флуоресцентной спектроскопии.
- при мониторинге содержания Hg следует учитывать разность ее фонового содержания в почвах и донных осадках исследуемой территории.

## **Благодарности**

Хочу выразить искреннюю благодарность за помощь в написании данной работы:

- Зеленковскому Павлу Сергеевичу, доценту кафедры экологической геологии
- Подлипскому Ивану Ивановичу, доценту кафедры экологической геологии
- Хохрякову Владимиру Рафаэлевичу, начальнику отдела инвентаризации и мониторинга природных комплексов национального парка «Смоленское Поозерье»
- Белозёрову Андрею Александровичу, ведущему специалисту ресурсного центра «Геомодель»
- Тереховой Алине Валерьевне, 2 курса магистратуры кафедры геоэкологии и природопользования.
- Кононовой Любове, 2 курса магистратуры кафедры геохимии

## Список литературы

### *Методическая литература*

1. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М., 2012.
2. Водяницкий Ю.Н., Изучение тяжелых металлов в почвах. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2005.
3. Иванюкович Г. А. Статистический анализ экогеологических данных: Практикум решения задач с помощью пакета программ Statistica – СПб.: С.-Петербург. ун-т, 2010
4. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. — М.: Физматлит, 2006.
5. Мельников С. М., Ртуть, т. 4, М., 1965

### *Статьи в сборниках*

1. Гузев В.Е., Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р., Эколого-геологическая оценка состояния донных отложений и почв района озера Лошамье (национальный парк «Смоленское Поозерье»)// Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти профессора В.А. Шкаликова Природа и общество: в поисках гармонии Сборник научных статей: материалы докладов. Смоленский гуманитарный университет; ответственный редактор: Е.А. Бобров. Смоленск, 2016, с. 140-144;
2. Кононова Л.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Фоновые содержания тяжелых металлов в почвах национального парка «Смоленское Поозерье» // Летопись природы. Тема: Мониторинг состояния и методы сохранения природных комплексов национального парка. ФГБУ «Смоленское Поозерье», книга 10, 2015.
3. Кононова Л.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Эколого-геохимическая оценка состояния компонентов природной среды особо охраняемых природных территорий на примере национального парка «Смоленское Поозерье» // Летопись природы. Тема: Мониторинг состояния и методы сохранения природных комплексов национального парка. ФГБУ «Смоленское Поозерье», книга 11, 2017.
4. Копчик Г.Н., Ливанцова С.Ю. Разнообразие, свойства и экологическое качество почв лесных биogeоценозов Национального парка «Смоленское Поозерье» // Лесоведение, №3, 2003, с. 15-26;

5. Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Седнева Л.В. Характеристика почвенного покрова территории национального парка «Смоленское Поозерье». // Материалы «VII молодежный конгресс по итогам практик». М., 2015, с. 124-126;

6. Терехова А.В., Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р., Разработка сети пробоотбора для комплексного эколого-геологического мониторинга территории национального парка «Смоленское Поозерье». // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти профессора В.А. Шкаликова Природа и общество: в поисках гармонии Сборник научных статей: материалы докладов. Смоленский гуманитарный университет; ответственный редактор: Е.А. Бобров. Смоленск, 2016, с. 150-155;

7. Удоенко Ю.Г. Ртуть в гидроморфных почвах Воронежского государственного природного биосферного заповедника / Вестник 148 воронежского государственного университета. Серия: химия, биология, фармация. – 2011. - №2. – С. 148-154

8. Страховенко В.Д., Маликова И.Н., Щербов Б.Л. Распределение ртути в компонентах окружающей среды Сибири / Химия в интересах устойчивого развития 20 (2012) сс.117-123

#### *Статьи в иностранных журналах*

1. H.J.M.Bowen. Environmental Chemistry of The Elements. Academic Press 1979. London-New-York-Toronto-Sydney-San Francisco, 250 p.

#### *Ресурсы сети Интернет*

1. Особо охраняемые территории России. URL: <http://www.zapoved.ru/> (дата обращения: 23.02.2017 )

2. Национальный парк «Смоленское Поозерье». URL: <http://www.poozerie.ru/> (дата обращения: 13.03.2017)

#### *Фондовые материалы:*

1. Геологическая карта СССР. Объяснительная записка. Лист N36-II. Москва, 1977

#### *Нормативно-правовые документы:*

1. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве»

2. Федеральный закон от 14 марта 1995 г. N 33-ФЗ "Об особо охраняемых природных территориях" (с изменениями и дополнениями)

## Пробоотбор почв

2014					
№ точки	Координаты		№ точки	Координаты	
	N	E		N	E
412	55,51064	31,97867	451	55,51252	31,99121
413	55,50885	31,97897	452	55,51067	31,99186
414	55,50705	31,97905	453	55,50653	31,99195
421	55,51121	31,98197	454	55,50499	31,99221
422	55,50683	31,98208	461	55,51277	31,99456
431	55,5114	31,98536	462	55,51046	31,99442
432	55,50653	31,98639	463	55,50883	31,99457
433	55,50497	31,98563	464	55,50499	31,99515
441	55,51168	31,98902	471	55,5278	31,99779
442	55,50676	31,989	472	55,51076	31,99781
443	55,50489	31,98893	473	55,50895	31,99786
474	55,50692	31,9978	475	55,50516	31,99817
2015					
№ точки	Координаты		№ точки	Координаты	
	X	Y		X	Y
50	436450	6152142	80	435238	6151945
51	436464	6152343	81	435301	6151754
52	436706	6152564	82	435391	6152271
53	436690	6152368	83	435447	6152139
54	436689	6152172	84	435427	6151994
55	436666	6151978	85	435485	6151807
56	436636	6151780	86	435571	6152326
57	436686	6151574	87	435563	6152001
58	436688	6151389	88	435684	6151834
59	436889	6151372	89	435554	6151684
60	436891	6151584	90	435397	6151547
61	436900	6151807	91	435509	6151365
62	436116	6152201	92	435754	6151677
63	436098	6152311	93	435735	6151475
64	436102	6152489	94	435707	6151277
65	436146	6152599	95	435939	6151744
66	435705	6152152	96	435904	6151551
67	435690	6152309	97	435888	6151363
68	435697	6152502	98	435970	6151183
69	435745	6152695	99	436244	6151637
70	435914	6152181	100	436207	6151512
71	435896	6152303	101	436216	6151305
72	435902	6152457	102	436168	6151137

<b>73</b>	435941	6152623	<b>103</b>	436422	6151538
<b>74</b>	434993	6152227	<b>104</b>	436464	6151344
<b>75</b>	435036	6152060	<b>105</b>	436339	6151205
<b>76</b>	435040	6151912	<b>106</b>	436318	6151002
<b>77</b>	435125	6151747	<b>107</b>	436506	6151098
<b>78</b>	435199	6152248	<b>108</b>	436498	6150893
<b>79</b>	435235	6152085	<b>109</b>	436308	6152491
<b>2016</b>					
<b>№ точки</b>	<b>Координаты</b>		<b>№ точки</b>	<b>Координаты</b>	
	<b>N</b>	<b>E</b>		<b>N</b>	<b>E</b>
<b>316</b>	55,508753	31,981140	<b>305</b>	55,516140	31,958996
<b>329</b>	55,501365	32,008606	<b>327</b>	55,496892	31,995903
<b>307</b>	55,519153	31,966377	<b>308</b>	55,516237	31,966721
<b>306</b>	55,519347	31,957794	<b>317</b>	55,501705	31,983029
<b>328</b>	55,497864	32,007233	<b>314</b>	55,520222	32,016846
<b>326</b>	55,500878	31,994959	<b>302</b>	55,514488	31,995302
<b>301</b>	55,509288	31,994358	<b>309</b>	55,510114	31,965519
<b>311</b>	55,509433	32,008864	<b>315</b>	55,515120	32,008177

### Пробоотбор донных отложений

<b>2014</b>					
<b>№ точки</b>	<b>Координаты</b>		<b>№ точки</b>	<b>Координаты</b>	
	<b>N</b>	<b>E</b>		<b>N</b>	<b>E</b>
<b>1п</b>	55,51131	31,98728	<b>8п</b>	55,50658	31,99196
<b>2п</b>	55,51137	31,98391	<b>9п</b>	55,5054	31,99444
<b>3п</b>	55,5107	31,98091	<b>10п</b>	55,50931	31,99291
<b>4п</b>	55,50894	31,98183	<b>11п</b>	55,51114	31,99051
<b>5п</b>	55,50732	31,98262	<b>12п</b>	55,50847	31,99477
<b>6п</b>	55,50761	31,98609	<b>13п</b>	55,50686	31,99671
<b>7п</b>	55,50687	31,98891	<b>14п</b>	55,50524	31,99678
<b>№ точки</b>	<b>Координаты</b>		<b>№ точки</b>	<b>Координаты</b>	
	<b>X</b>	<b>Y</b>		<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>1</b>	436422	6154559	<b>19</b>	436096	6154587
<b>2</b>	436425	6154457	<b>20</b>	436097	6154686
<b>3</b>	436427	6154352	<b>21</b>	435996	6154694
<b>4</b>	436439	6154265	<b>22</b>	435997	6154599
<b>5</b>	436321	6154274	<b>23</b>	435992	6154503
<b>6</b>	436312	6154238	<b>24</b>	435989	6154411
<b>7</b>	436317	6154377	<b>25</b>	435878	6154433
<b>8</b>	436317	6154472	<b>26</b>	435832	6154364
<b>9</b>	436313	6154560	<b>27</b>	435864	6154543

<b>10</b>	436316	6154657	<b>28</b>	435869	6154652
<b>11</b>	436217	6154665	<b>29</b>	435759	6154637
<b>12</b>	436216	6154566	<b>30</b>	436518	6154417
<b>13</b>	436215	6154475	<b>31</b>	436510	6154311
<b>14</b>	436208	6154372	<b>32</b>	436509	6154209
<b>15</b>	436204	6154322	<b>33</b>	436580	6154209
<b>16</b>	436105	6154323	<b>34</b>	436583	6154112
<b>17</b>	436105	6154377	<b>35</b>	436693	6154102
<b>18</b>	436098	6154478	<b>36</b>	436698	6154211
<b>37</b>	436577	6154301			
<b>2015</b>					
<b>№ точки</b>	<b>Координаты</b>		<b>№ точки</b>	<b>Координаты</b>	
	<b>X</b>	<b>Y</b>		<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>186</b>	436327	6151943	<b>200</b>	436161	6151755
<b>187</b>	436325	6151825	<b>201</b>	436160	6151799
<b>188</b>	436337	6151736	<b>202</b>	436158	6151860
<b>189</b>	436281	6151698	<b>203</b>	436128	6151862
<b>190</b>	436282	6151739	<b>204</b>	436184	6151861
<b>191</b>	436272	6151791	<b>205</b>	436167	6151903
<b>192</b>	436259	6151849	<b>206</b>	436166	6151948
<b>193</b>	436268	6151894	<b>207</b>	436172	6151990
<b>194</b>	436270	6151950	<b>208</b>	436114	6151947
<b>195</b>	436268	6151983	<b>209</b>	436112	6151849
<b>196</b>	436216	6151942	<b>198</b>	436225	6151759
<b>197</b>	436216	6151856	<b>199</b>	436154	6151708

## Приложение №2

### Результат анализов почв на ртуть

<b>2014</b>			
<b>Проба</b>	<b>Концентрация(мкг/кг)</b>	<b>Проба</b>	<b>Концентрация(мкг/кг)</b>
<b>463</b>	2	<b>443</b>	59
<b>473</b>	6	<b>462</b>	61
<b>421</b>	9	<b>464</b>	76
<b>413</b>	9	<b>414</b>	83
<b>474</b>	10	<b>442</b>	98
<b>441</b>	16	<b>433</b>	107
<b>472</b>	18	<b>471</b>	134
<b>451</b>	20	<b>475</b>	33
<b>452</b>	20	<b>461</b>	35
<b>442</b>	21	<b>412</b>	41
<b>432</b>	21	<b>454</b>	42



2015			
Проба	Концентрация(мкг/кг)	Проба	Концентрация(мкг/кг)
63	11	69	24
81	12	74	24
95	12	60	25
55	13	84	25
109	13	61	29
64	14	79	30
77	14	51	34
96	14	106	34
62	15	78	36
68	15	59	37
107	15	87	39
54	16	67	45
66	17	80	46
56	18	52	47
50	19	53	52
76	22	90	56
88	60	108	76
86	68	72	77
73	70	91	78
75	71	102	81
85	75	92	82
97	84	82	91
58	85	98	109
71	86	89	115
83	102	103	125
93	103	101	132
70	137	105	168
100	145	57	187
94	151	104	213
99	291	65	282
2016			
Проба	Концентрация(мкг/кг)	Проба	Концентрация(мкг/кг)
316	23	305	40
329	27	327	41
307	29	308	42
306	34	317	45
328	46	314	96
326	61	302	119
301	88	309	157
311	172	315	163

## Результат анализов донных отложений на ртуть

2014			
Проба	Концентрация(мкг/кг)	Проба	Концентрация(мкг/кг)
1п	115	1	165
2п	55	2	163
3п	41	3	282
4п	93	4	124
5п	64	5	327
6п	135	6	301
7п	232	7	244
8п	36	8	1000
9п	24	9	258
10п	34	10	152
11п	82	11	120
12п	30	12	243
13п	31	13	221
14п	49	14	546
15	53	30	43
16	179	31	159
17	205	32	186
18	184	33	157
19	215	34	203
20	255	35	103
21	195	36	185
22	159	37	150
27	180	23	230
28	158	24	156
29	281	25	298
26	243		
2015			
Проба	Концентрация(мкг/кг)	Проба	Концентрация(мкг/кг)
186	127	198	188
187	87	199	148
188	143	200	137
189	26	201	145
190	63	202	146
191	93	203	152
192	87	204	166
193	152	205	156
194	128	206	160
195	154	207	110
196	164	208	165
197	177	209	185

Результат рентгено-флуоресцентного анализа почв

2014								
Проба	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	As	Cd
463	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	22	< 5	< 5
473	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	23	< 5	< 5
421	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	-	< 5	< 5
413	47	12	< 10	< 20	< 20	18	< 5	< 5
474	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	-	< 5	< 5
441	< 20	< 5	< 10	< 20	37	22	< 5	< 5
472	< 20	< 5	< 10	25	< 20	-	< 5	< 5
451	74	14	< 10	< 20	41	-	< 5	< 5
452	< 20	15	< 10	31	< 20	15	< 5	< 5
442	< 20	< 5	< 10	< 20	22	-	< 5	< 5
432	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	-	< 5	< 5
443	43	14	< 10	< 20	< 20	30	< 5	< 5
462	< 20	< 5	< 10	< 20	36	-	< 5	< 5
464	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	-	< 5	< 5
414	< 20	10	< 10	< 20	< 20	16	< 5	< 5
442	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	19	< 5	< 5
433	< 20	< 5	< 10	< 20	44	17	< 5	< 5
471	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	28	< 5	< 5
475	< 20	19	< 10	< 20	< 20	14	< 5	< 5
461	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	20	< 5	< 5
412	51	11	< 10	< 20	< 20	25	< 5	< 5
454	< 20	11	< 10	< 20	< 20	15	< 5	< 5
2015								
108	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	5	< 5	< 5
50	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	12	< 5	< 5
51	< 20	10	< 10	< 20	< 20	14	< 5	< 5
109	< 20	< 5	< 10	< 20	27	13	< 5	< 5
63	< 20	22	< 10	< 20	57	16	< 5	< 5
70	< 20	< 5	< 10	< 20	35	5	< 5	< 5
72	< 20	12	< 10	< 20	< 20	19	< 5	< 5
66	< 20	< 5	< 10	< 20	30	17	< 5	< 5
67	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	14	< 5	< 5
90	< 20	< 5	< 10	< 20	18	5	< 5	< 5
91	< 20	< 5	< 10	< 20	18	23	< 5	< 5
94	< 20	< 5	< 10	< 20	35	-	< 5	< 5
95	< 20	9	< 10	< 20	10	5	< 5	< 5
97	63	< 5	< 10	< 20	< 20	5	< 5	< 5
99	< 20	< 5	< 10	< 20	56	-	< 5	< 5

102	46	< 5	< 10	< 20	< 20	14	< 5	< 5
104	< 20	< 5	< 10	< 20	57	5	< 5	< 5
106	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	20	< 5	< 5
89	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	24	< 5	< 5
62	< 20	< 5	< 10	< 20	< 20	19	< 5	< 5
65	52	7,7	< 10	< 20	40	21	< 5	< 5
71	< 20	< 5	< 10	< 20	33	5	< 5	< 5
73	< 20	5,1	< 10	< 20	25	5	< 5	< 5
69	< 20	< 5	< 10	< 20	54	19	< 5	< 5
<b>2016</b>								
301	< 20	< 5	< 10	< 20	28	17	< 5	< 5
302	< 20	< 5	< 10	< 20	46	-	< 5	< 5
305	< 20	< 5	< 10	< 20	46	20	< 5	< 5
306	< 20	< 5	< 10	< 20	39	23	< 5	< 5
307	< 20	< 5	< 10	< 20	47	12	< 5	< 5
308	< 20	< 5	< 10	< 20	56	-	< 5	< 5
309	< 20	< 5	< 10	< 20	23	10	< 5	< 5
311	< 20	< 5	< 10	< 20	59	19	< 5	< 5
314	< 20	< 5	< 10	< 20	29	19	< 5	< 5
315	< 20	< 5	< 10	< 20	68	17	< 5	< 5
316	< 20	< 5	< 10	< 20	26	23	< 5	< 5
317	< 20	< 5	< 10	< 20	53	-	< 5	< 5
326	< 20	< 5	< 10	< 20	25	6	< 5	< 5
327	< 20	< 5	< 10	< 20	41	21	< 5	< 5
328	< 20	< 5	< 10	< 20	30	8	< 5	< 5
329	< 20	< 5	< 10	< 20	25	16	< 5	< 5

#### Приложение №4

#### Результат рентгено-флуоресцентного анализа скважин

<b>Скважина 1</b>						
	<b>Cr</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>
1м	<20	<5	<10	15,6	14,5	<20
2м	<20	<5	<10	19,6	16,7	<20
5м	<20	<5	<10	16,7	-	<20
<b>Скважина 2</b>						
1м	<20	<5	<10	30,1	20,9	<20
4м	<20	<5	<10	20,9	5,5	<20

<b>5м</b>	<20	<5	<10	23,2	5,4	<20
<b>Скважина 3</b>						
<b>0,7м</b>	<20	<5	<10	23,0	10,3	<20
<b>1м</b>	<20	<5	<10	21,2	15,0	<20
<b>2м</b>	<20	<5	<10	23,7	2,8	<20
<b>3,7м</b>	<20	<5	<10	25,3	22,9	<20
<b>4м</b>	<20	<5	<10	24,1	15,1	<20
<b>4,3м</b>	<20	<5	<10	38,5	9,6	<20
<b>Скважина 4</b>						
<b>1м</b>	<20	<5	<10	20,9	18,4	<20
<b>2м</b>	<20	<5	<10	23,3	12,1	<20
<b>3м</b>	<20	<5	<10	25,1	15,0	<20
<b>4м</b>	<20	<5	<10	17,9	22,8	<20
<b>Скважина 5</b>						
<b>1м</b>	<20	<5	<10	28,8	18,0	<20
<b>2м</b>	<20	<5	<10	41,8	22,2	<20
<b>3м</b>	<20	<5	<10	38,0	8,8	<20
<b>Скважина 6</b>						
<b>1м</b>	<20	<5	<10	31,6	9,0	<20
<b>2м</b>	<20	<5	<10	36,0	17,3	<20